

Rannikkovesiemme vedenlaadun ja rehevöitymistilan tulevaisuus ja sen arvioiminen

Vivi Fleming, Harri Kuosa, Laura Hoikkala, Antti Räike, Markus Huttunen,
Elina Miettunen, Elina Virtanen, Laura Tuomi, Henrik Nygård ja Pirkko Kauppila

PUBLIKATIONSSERIE FÖR STATSRÅDETS
UTREDNINGS- OCH FORSKNINGSVERKSAMHET 2021:14

tietokayttoon.fi/sv

Rannikkovesiemme vedenlaadun ja rehevöitymistilan tulevaisuus ja sen arvioiminen

Vivi Fleming*, Harri Kuosa*, Laura Hoikkala*, Antti Räike*,
Markus Huttunen*, Elina Miettunen*, Elina Virtanen*, Laura Tuomi**,
Henrik Nygård* ja Pirkko Kauppila*

* Suomen ympäristökeskus (SYKE)

** Ilmatieteen laitos

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-
arkivet Valto

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Julkaisumyynti

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston
verkkokirjakauppa**

Statsrådets
nätbokhandel

vnjulkaisumyynti.fi

Valtioneuvoston kanslia

© 2021 tekijät ja valtioneuvoston kanslia

ISBN pdf: 978-952-383-111-7

ISSN pdf: 2342-6799

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2021

Rannikkovesiemme vedenlaadun ja rehevöitymistilan tulevaisuus ja sen arvioiminen

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:14

Julkaisija Valtioneuvoston kanslia

Tekijä/t Vivi Fleming, Harri Kuosa, Laura Hoikkala, Antti Räike, Markus Huttunen, Elina Miettunen, Elina Virtanen, Laura Tuomi, Henrik Nygård ja Pirkko Kauppila

Kieli suomi

Sivumäärä 123

Tiivistelmä

Suomen ympäristökeskuksen ja Ilmatieteen laitoksen asiantuntijoiden toteuttamassa selvityksessä mallinnettiin Suomen rannikkoalueen vesien tilaa valuma-alueella tehtävien vesiensuojelutoimenpiteiden valossa. Selvityksessä tuodaan esiin myös meren tilan arviointiin liittyviä epävarmuuksia ja kehityskohteita.

Suomen merialueille tulevassa fosforin ja typen kokonaiskuormituksessa on laskeva suuntaus, johtuen pistekuormituksen vähenemisestä. Fosforin hajakuormituksen odotetaan ilmastomuutoksen vaikutuksesta lisääntyvän seuraavan kolmenkymmenen vuoden aikana, eikä nykyisten vesiensuojelutoimenpiteiden laajuus tule riittämään Itämeren suojelun toimintaohjelmassa ja kansallisessa vesienhoidossa tavoitellun kuormituskaton alittamiseksi. Asetetut tavoitteet on kuitenkin mahdollista saavuttaa toteuttamalla maatalouden suojelutoimenpiteet koko laajuudessaan, kipsikäsittely mukaan lukien.

Rannikkovesien ei odoteta saavuttavan hyvää tilaa kansallisen vesien- ja merenhoidon tavoitevuoteen 2027 mennessä. Maataloudessa tehdyt ravinnekuormaa vähentävät toimenpiteet vaikuttavat kuitenkin positiivisesti erityisesti rannikkovesien kevätkauden tilanteeseen. Rannikkovesien kesäkauteen niiden vaikutus on heikompi, ja rannikon tilan odotetaan siltä osin lyhyellä aikavälillä jopa heikkenevän entisestään; kevätkauden positiiviset muutokset heijastuvat kesäkauteen vasta pitkällä aikavälillä.

Klausuuli Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa. (tietokayttoon.fi) Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

Asiasanat tutkimus, tutkimustoiminta, rannikkovedet, vedenlaatu, rehevöityminen, tulevaisuudenodotukset

ISBN PDF 978-952-383-111-7

ISSN PDF 2342-6799

Julkaisun osoite <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-111-7>

Framtidsutsikten för våra kustvattens kvalitet och övergödningstillstånd samt dess bedömning

Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 2021:14

Utgivare Statsrådets kansli

Författare Vivi Fleming, Harri Kuosa, Laura Hoikkala, Antti Räike, Markus Huttunen, Elina Miettunen, Elina Virtanen, Laura Tuomi, Henrik Nygård och Pirkko Kauppila

Språk finska

Sidantal

123

Referat

I undersökningen som utfördes av experter på Finlands miljöcentral och Meteorologiska institutet modellerades Finlands kustvattens tillstånd som följd av vattenskyddsåtgärder gjorda på avrinningsområdet. Undersökningen belyser också osäkerhetsfaktorer när det gäller bedömning av havets tillstånd och föreslår utvecklingsmål.

Totalbelastningen av fosfor och kväve på Finlands havsområde har en sjunkande trend som följd av minskade punktutsläpp. Den diffusa fosforbelastningen förväntas öka inom de kommande trettio åren på grund av klimatförändringen och för att nå belastningsmålen satta i Östersjöns åtgärdsprogram samt i det nationella vattenskyddsprogrammet är nuvarande vattenskyddsåtgärder inte tillräckliga. Det är möjligt att nå de uppsatta målen genom att utföra jordbrukets skyddsåtgärder i full skala, inkluderande gipsbehandling.

Kustvattnen förväntas inte nå gott miljötillstånd innan slutet av vatten- och havskyddets målperiod 2027. Åtgärder som gjorts inom jordbruket för att minska närsaltsbelastningen kommer att ha en positiv effekt på kustvattnen speciellt under våren, men under sommaren är effekten mindre och på kort sikt kan tillståndet till och med bli sämre. På lång sikt kommer det förbättrade tillståndet under våren också att ha en positiv inverkan på sommarens tillstånd.

Klausul

Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan. (tietokayttoon.fi) De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

Nyckelord

forskning, forskningsverksamhet, kustvatten, vattenkvalitet, övergödning, framtidsutsikt

ISBN PDF 978-952-383-111-7

ISSN PDF

2342-6799

URN-adress

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-111-7>

The future of the water quality and eutrophication status of Finnish coastal waters, and assessing it

Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2021:14**Publisher** Prime Minister's Office**Authors** Vivi Fleming, Harri Kuosa, Laura Hoikkala, Antti Räsänen, Markus Huttunen, Elina Miettunen, Elina Virtanen, Laura Tuomi, Henrik Nygård and Pirkko Kauppila**Language** Finnish**Pages** 123

Abstract

In this investigation, the future status of Finnish coastal waters, in light of watershed management actions, was simulated. The investigation also points out uncertainties and development items in assessing the status.

The total loading of phosphorus and nitrogen into the Finnish marine areas has a decreasing tendency, due to the decrease in point source loading. The diffuse loading of phosphorus is expected to increase during the next thirty years, due to climate change. The present level of water management actions is not going to be enough for achieving the load ceiling set by the Baltic Sea Action Plan and through national water management. The ceilings can however be reached if the agricultural management actions, including gypsum treatment, are taken at their full level.

The marine coastal waters are not expected to reach good status by the target year 2027, set thorough national water and marine management. Management actions decreasing the load from agriculture however have a positive effect especially on the spring time situation. Their effect on the summer time situation is smaller, as the summer situation is expected to weaken in the short term; the spring time improvement will reflect onto the summer situation only in the long term.

Provision This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research. (tietokayttoon.fi) The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.**Keywords** research, research activities, coastal waters, water quality, eutrophication, future scenarios

ISBN PDF 978-952-383-111-7**ISSN PDF** 2342-6799

URN address <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-111-7>

Sisältö

YHTEENVETO	8
1 Johdanto	16
1.1 Vesien- ja merenhoito	16
1.2 Hankkeen tavoitteet	17
2 Rannikkovesien tila ja siihen vaikuttavat tekijät	19
2.1 Muutokset ekologisessa tilassa toiselta luokittelukaudelta kolmannelle luokittelukaudelle	19
2.2 Indikaattorikohtaiset tulokset tilaltaan muuttuneissa vesimuodostumissa	24
2.3 Hapettomuusriski ja pohjaeläinyhteisöt	25
2.4 Rehevöitymistilan pitkäaikaiskehitys indikaattorien avulla arvioituna	29
2.5 Yhteneväisyydet ja ristiriidat historiallisen kuormitus- ja tilakehityksen välillä	32
2.6 Ihmistoiminnan osuus kuormituksesta	38
3 Miten valuma-alueen toimenpiteet vaikuttavat rannikkovesiin?	40
3.1 Kuormitus	40
3.2 Ravinteet ja levämäärä päällysvedessä	44
3.2.1 Valuma-alueen ja sisäisen kuormituksen osuudet kokonaiskuormituksesta	44
3.2.2 Nykytila: Kuormituslähteiden suhteelliset osuudet vesimuodostumien kokonaiskuormituksesta	45
3.2.3 Ero hyvän ekologisen tilan raja-arvoon: Nykytila ja skenaario maatalouden kaikkien toimenpiteiden jälkeen 2027 heinä-elokuussa	46
3.2.4 Maatalouden toimenpiteiden vaikutukset lyhyellä aikavälillä	47
3.2.5 Maatalouden toimenpiteiden vaikutukset pitkällä aikavälillä ilmastonmuutosskenaariossa	50
3.3 Pohja: happi ja selkärangaiset	54
3.4 Kansallisten vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutusmahdollisuudet Suomen merialueiden tilaan	55
3.4.1 Rannikon vesimuodostumat	55
3.4.2 Suomea ympäröivät avomerialueet	57
4 Rannikkovesien tilan arvioiminen eri työkaluin	59
4.1 Indikaattorit	59
4.2 Ekologisen tilan ja rehevöitymisen hyvän tilan arviointi eri arviointityökaluilla	62
4.2.1 Vesimuodostumien jakautuminen tilaluokkiin eri työkaluilla määritettynä	65

4.2.2	Tilan määräävä indikaattoriryhmä HEAT- ja WATERS-työkaluilla	66
4.3	Luokituksen luotettavuuden määrittäminen	68
4.4	Mittakaavavertailu: vesimuodostumat ja vesityypit	70
4.5	Asiantuntija-arvion rooli	73
4.6	Kriittisen indikaattorin tunnistaminen	74
5	Uuden tiedon ja menetelmien kehitystarpeet	76
5.1	Rannikon tilanarviot	76
5.2	Lähitulevaisuuden ennakoiminen ja pitkät skenaariot	77
6	Menetelmäkuvaukset	82
6.1	Kuormitusmalli	82
6.2	Rannikkomalli	83
6.3	Toimenpiteiden vaikutus hapettomuuteen ja pohjaeläinten tilaan	84
	Liitteet	87
	LIITE 1 (kappaleet 2.1 ja 3.2). Eri kuormituslähteiden osuudet rannikon vesimuodostumissa.	87
	LIITE 2 (kappale 2.4). Rehevöitymisindikaattorien tila 6-vuotisjaksoina 1975–2016 valituissa rannikon vesimuodostumissa	93
	LIITE 3 (kappale 3.2). Klorofyllin vähennystarve vesimuodostumittain	97
	LIITE 4 (kappale 3.3). Riski hapettomuudelle ja BBI pohjaeläinindikaattorin huonolle tilalle 2027	103
	LIITE 5 (kappale 4.2). Rannikkovesien tila 2012–2017 vesienhoidon ekologisen tilan arviossa ja määritettynä Suomen meriympäristön rehevöitymistilanarviossa ja HELCOMin Itämeren rehevöitymistilan arviossa käytetyllä HEAT3-työkalulla, sekä Ruotsissa kehitettyllä WATERS-työkalulla.	112
	Lähteet	122

YHTEENVETO

Rannikon tila -hankkeen tavoitteena oli arvioida: 1) Miten Suomen rannikkoalueen vesien tila on muuttunut, ja mitkä ovat siihen vaikuttaneet tekijät – missä määrin tilaan vaikuttavat yhtäältä valuma-alueen kuormitus ja toisaalta vesien- ja merenhoidon ulkopuoliset muutostekijät? 2) Mikä on nykytiedon ja toimenpiteiden valossa rannikon tila vuonna 2027, entä vuonna 2040 tai 2070? 3) Mitä epävarmuuksia arvioon liittyy; mitä uutta tietoa ja menetelmiä tarvitaan, jotta systemaattinen skenaariotarkastelu rannikkovesien tilan kehityksestä ja toimenpiteiden sekä muiden muutostekijöiden vaikutuksista olisi tulevaisuudessa saatavilla ajantasaisesti niin hallinnon kuin laajemmin yhteiskunnan käyttöön? Käsittelimme näitä kysymyksiä hyödyntämällä valuma-alue mallin (VEMALA) tuloksia rannikkoaluemallissa (FICOS) keskimääräisellä ilmastoskenaariolla. Linkitimme rannikko-mallin tulokset pohjahabitaattiin käyttäen hyväksi hapettomuuden luonnollisen alttiuden riskimallia. Simulaation ohella tarkastelimme tilanarvioprosessia ja -työkaluja, selvittääksemme systemaattiseen tilanarvioennusteeseen liittyviä kehitystarpeita. (kpl 1.1-1.2)

Rannikkovesien tila ja siihen vaikuttavat tekijät

Lyhyellä aikavälillä, edelliseltä (2006–2012, 2. luokittelukausi) vesienhoidon luokittelukaudelta viimeisimmälle (2012–2017, 3. luokittelukausi), pintavesien ekologinen tilaluokka parani 20:ssä ja heikentyi 39:ssä kaikkiaan 276 rannikon vesimuodostumasta. Saman aikaisesti kahdeksan mereen laskevan joen alaosan tila huononi ja 13 tila parantui. Yleensä rannikon vesimuodostuman ekologisen tilan muutoksen taustalla oli useamman kuin yhden indikaattorin tilan muutos. Useimmin muutoksia tapahtui levämäärää, pohjaeläinyhteisöjä ja ravinnemääriä kuvaavissa indikaattoreissa, sekä tilaltaan heikentyneissä vesimuodostumissa myös näkösyvyydessä (kpl 2.1).

Suurin osa (9) tällä lyhyellä ajanjaksolla parantuneen tilan jokimuodostumista sijaitsi Perämeren valuma-alueella, kun sen sijaan huonontuneen tilan jokimuodostumia löytyi jokaisen merialueen valuma-alueelta. Rannikkovesissä ekologisen tilan paranemista toiselta luokituskaudelta kolmannelle havaittiin lähinnä sellaisissa vesimuodostumissa, joissa kuormituspaine tulee avomereltä. Tällaisia vesimuodostumia sijaitsi paitsi Suomenlahden ulkosaaristossa, myös keskisen ja läntisen Suomenlahden sisäsaaristossa. Tilaltaan parantuneita vesimuodostumia, joissa suurin osa kuormituksesta on peräisin valuma-alueelta, löytyi vain itäiseltä Suomenlahdelta: Kotkan edustan Keisarinsatama, Haminanlahti ja Keipsalo. Näissäkin vesimuodostumissa merkittävä osa ravinteista on peräisin Itäisen

Suomenlahden avomerialueelta, jonka ravinnemäärät ovat pienentyneet. Tilaltaan heikentyneissä vesimuodostumissa epäorgaanisen typen kuormituksesta suurin osa on peräisin valuma-alueelta – lukuun ottamatta yhtä lounaisen ulkosaariston ja Ahvenanmaan sekä kahta Selkämeren vesimuodostumaa. Epäorgaanisen fosforin kuormituksesta suurin osa puolestaan tulee avomereltä, ja erityisesti lounaisessa sisäsaaristossa myös sisäisestä kuormituksesta¹. Selkämeren altaan fosforitaso on kohonnut viimeisen vuosikymmenen aikana huomattavasti ja sen vaikutus ulottuu myös Suomen rannikolle. (kpl 2.1)

Rannikkovesien rehevöitymistilan kannalta pohjan hapettomuudella on merkittävä rooli. Lounaisessa sisäsaaristossa ja Suomenlahden länsiosien sisäsaaristossa sijaitsee vesimuodostumia, joiden pinta-alasta merkittävällä osuudella pohjanläheinen happipitoisuus on yli 50 % todennäköisyydellä ajoittain alle 2 mg L⁻¹. Tilastollisen tarkastelun perusteella tämä pitoisuusraja on kriittinen ravinteiden vapautumiselle pohjasta, ja siten sisäiselle kuormituksen lisääntymiselle. Pohjaeläimet ovat herkkiä jo alle 4 mg L⁻¹ pitoisuuksille. Alueiden luonnollinen alttius hapettomuudelle vaihtelee, mutta vaikka hapettomuus on paikallista, voi se silti olla ekologisesti merkittävää, koska se lisää pohjasta vapautuvien ravinteiden määrää. Erityisesti sisäsaariston akkumulaatiopohjilla on erittäin runsas ravinnevarasto, joten pienenkin pinta-alan vähähappisuus voi lisätä ravinteiden määrää vesipatsaassa. (kpl 2.3)

Tarkasteltaessa rehevöitymisen kokonaistilaa pidemmällä aikavälillä, vuosina 1975–2018, havaittiin Saaristomerellä ja Suomenlahden rannikolla selvää heikentymistä useissa vesimuodostumissa. Erityisesti itäisellä Suomenlahdella havaittiin tilan paranemista 2000-luvulla. Yleensä muutos oli seurausta erityisesti klorofylli- ja pohjaeläinindikaattorin tilassa tapahtuneista muutoksista. Useimmissa Suomenlahteen laskeissa joissa molempien kokonaisravinteiden tai kokonaisfosforin kuormituksessa oli havaittavissa merkkejä vähenemisestä viimeisimmän kolmen vuosikymmenen aikana (joskaan ei tilastollisesti merkittävää trendiä), mikä heijastui laskevien kokonaisravinteiden ja/tai klorofyllin pitoisuuksina muutamissa rannikon vesimuodostumissa. Saaristomerellä sen sijaan ei havaittu muutoksia ravinnekuormassa kyseisenä ajanjaksona, eikä jokisuiden läheisissä vesimuodostumissa havaittu muutoksia rehevöitymismuuttujissa. Perämerellä kokonaistypen kuorma oli kasvusuuntaista kaikissa seurannan joissa, lukuun ottamatta Kemijokea ja Tornionjokea, ja kokonaisfosforikuormitus laski osassa jokia, mutta tämä ei pääsääntöisesti heijastunut rannikon vesimuodostumien ravinnepitoisuuksiin, osittain liian pienen aineiston vuoksi. (kpl 2.4-2.5)

1 Sisäinen kuormitus mallinnuksessa on määritelty levien käyttäminä ravinteina. Pohjasta vapautuva ravinne määrä on paljon suurempi kuin pintakerrokseen levien käyttöön kasvukauden aikana päätyvä ravinnemäärä.

Suomesta päätyi vuosina 2010–2019 Itämereen keskimäärin 3 400 tonnia fosforia ja 81 000 tonnia typpeä vuodessa. Näistä ravinteista suuri osa on peräisin ihmisen toiminnasta, mutta osa on luonnonhuuhtoutumaa. Ihmisen osuus kokonaiskuormituksesta vaihtelee merialueittain: selvästi pienin (50–60 %) se on Perämerellä ja vastaavasti luonnonhuuhtoutuma on siellä suurin. Valuma-aluemallin (VEMALA) perusteella Suomen merialueille tulevassa fosfori- ja typpikuormituksessa oli laskeva suuntaus vuosien 1995–2019 välillä. Laskeva suuntaus johtuu pääasiassa pistekuormituksesta, joka on vähentynyt suhteellisesti enemmän kuin hajakuormitus, eikä fosforin hajakuormituksessa ei ole toistaiseksi havaittu merkittävää vähentymistä. Merialueiden kuormituskehityksissä on kuitenkin eroja: seurantatulosten mukaan esimerkiksi Perämeren ja Suomenlahden fosforikuorma laski vuosina 2010–2019, kun puolestaan Saaristomerellä suuntaus oli nouseva. Viime vuosikymmenten aikana yleistyneet leudot, vesisateiset talvet ovat nostaneet erityisesti Lounais-Suomen jokien Saaristomereen kuljettamaa kiintoaine- ja fosforikuormaa. (kpl. 2.6)

Miten toimenpiteet vaikuttavat rannikovesiin tulevaisuudessa?

Valuma-aluemallilla tehdyn simulaation mukaan etenkin fosforin hajakuormitus tulee ilmastonmuutoksen vaikutuksesta lisääntymään seuraavan kolmenkymmenen vuoden aikana, eikä nykyisillä vesiensuojelutoimenpiteillä tulla alittamaan tavoiteltua ravinteiden kuormitustasoa, eli kuormituskattoa². Nykytoimenpiteillä nykyisellä laajuudella jatkettaessa valuma-alueelta tuleva fosforikuormitus ylittää tavoitekuormituksen lähes kaikilla merialueilla. Mallilaskelmien perusteella kuormituskatto on kuitenkin mahdollista alittaa toteuttamalla maatalouden toimenpiteet koko laajuudessaan, mutta silloin myös kipsikäsittelyn potentiaali täytyy ottaa laajasti käyttöön (1 milj. hehtaaria). Typen kuormituskatto on helpompi alittaa; tarvittava suhteellinen vähennys kokonaiskuormasta (4 %) on huomattavasti vähäisempi kuin vastaava fosforin tavoite (10 %), ja merkittävää typpikuormituksen vähennystarvetta on ainoastaan Suomenlahden alueella. Lisäksi ilmastonmuutos vaikuttaa voimakkaammin fosforin kuin typen kuormitukseen. Edellä olevien mallitulosten tulkinnassa on syytä huomioida, että kuormituskatot eivät todennäköisesti anna oikeaa kuvaa kuormituksen vähennystarpeesta. Äskettäin on todettu, että hyvän tilan saavuttamiseksi tarvittava kuormitusvähennys voi ainakin osalla merialueista olla suurempi kuin nykyisten kuormituskattojen perusteella laskettuna. Kuormituskatot onkin tarkoitus tarkistaa lähiaikoina. (kpl 3.1)

Jokivesien vaikutusalueet rannikolla ovat laajimmillaan suuren valuman ajankohtina. Kasvukauden ulkopuolella jokivesien mukana tulevat leville käyttökelpoiset ravinteet leviävät laajalle ja ruokkivat kevään levätuotantoa. Kesällä vähäisempi virtaama ja käyttökelpoisten ravinteiden lähes välitön käyttö aiheuttaa ajallista vaihtelua levätuotannossa erityisesti

² Nykyisin merialueille määritettyjä kuormituskattoja voidaan tarkentaa tulevana toimenpidekausina.

sisäsaaristossa. Typen ja fosforin vaikutusalueet poikkeavat toisistaan, johtuen leville käyttökelpoisten ravinteiden suhteellisten osuuksien eroista. Esimerkiksi, leville käyttökelpoisen ravinteiden osuus on pienempi jokiveden fosforikuormassa kuin sisäisessä kuormituksessa. Osuus on pienempi myös jokiveden typpikuormassa kuin typen pistekuormituksessa. Selkämerellä ja Suomenlahden avoimilla rannikkoalueilla valuma-aluekuormituksen vaikutusalue sijoittuu lähelle rannikkoa, mutta Saaristomerellä vaikutusalue on laajempi. Yleisesti ottaen avomerivaikutus on voimakasta ulkosaaristossa. Sisäinen kuormitus on tärkeä käyttökelpoisen fosforin lähde erityisesti Saaristomerellä ja eräillä osin Suomenlahtea. (kpl 3.2)

Maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutukset ilmenevät rannikkovesien tilassa positiivisesti erityisesti keväällä (huhti-toukokuussa). Saaristomerellä, missä kasvukauden ulkopuolinen valuma-aluevaikutus ulottuu laajimmalle, kevään klorofyllin arvioidaan pienenevän paikoin jopa 30 % vuoteen 2027 mennessä, mikäli skenaariossa esitetyt kaikki maatalouden potentiaaliset vesiensuojelutoimenpiteet, ml. kipsin täysimääräinen levitys pelloille, otetaan käyttöön koko Saaristomeren valuma-alueella. Kesällä valuma-alueen vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutus on sen sijaan huomattavasti heikompi, ja osin huonompaan suuntaan. Tämä johtuu mitä ilmeisimmin siitä, että kesällä leville käyttökelpoisen typin ei sisäsaaristossa pidäty leväbiomassaan käyttökelpoisen fosforin vähetessä, eli tyyppiä jää ylimäärä verrattuna levien kasvutarpeeseen. Silloin jokisuiden lähivesien käyttökelpoisten ravinteiden pidätysvaikutus laskee ja typen rehevöittävä vaikutus siirtyy ulommas. Siksi myös typpikuormituksen vähentäminen on tärkeää. Vuodenaikaisen vaihtelun vuoksi pelkästään kesän levätilanteen mukaan tehty arvio maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutuksista aliarvioi todellisia vaikutuksia ja toimenpiteiden teho näyttää vaatimattomalta. Kevään levätuotanto on monilla alueilla kesää suurempi ja siitä laskeutuu suurempi osa pohjalle, joten kevään levätuotannon vähentämisellä voi olla suotuisia kumulatiivisia vaikutuksia laajalle rannikkoalueelle. Vaikutus ei kuitenkaan keväälläkään ulotu kaikkialle johtuen jokien tuoman ravinnevirtaaman vaikutusalueen alueellisista eroista ja monimutkaisen saariston rajoittamista virtauskentistä. Näitä vaikutuksia ei kuitenkaan pystytä vielä mallintamaan luotettavasti. (kpl 3.2)

Ravinnekuormitusta vähentävät vesiensuojelutoimenpiteet vaikuttavat kasviplanktonin biomassaansa, ja sen vajoamisen ja hajotuksen myös pohjan hapettomuuteen ja pohjaeläinyhteisöihin. Näitä vaikutuksia arvioitiin yhdistämällä rannikkomallin ennusteet levämäärän muutoksista hapettomuuden luonnollista alttiutta kuvaavan riskimallin tuloksiin. Pohjan hapettomuuteen ei odoteta merkittäviä muutoksia vuoteen 2027 mennessä. Toistuvan hapettomuuden riskin odotetaan kuitenkin kasvavan osassa lounaista sisäsaaristoa. Tämä on seurausta levämäärän kasvun myötä pohjalle laskeutuvan eloperäisen aineksen lisääntymisestä hapettomuudelle alttiilla alueilla. Kasviplanktonin määrän odotetaan laskevan selvimmin Selkämeren alueilla, joilla riski hapettomuudelle on pieni. Pohjaeläinindikaattorin (BBI) perusteella rannikon pohjaeläinyhteisöt ovat nykyisellään alle hyvän tilan

erityisesti osissa Suomenlahden ja Perämeren rannikkovesiä ja lounaista sisäsaaristoa. Alle hyvässä tilassa olevien vesimuodostumien määrään ei odoteta merkittävää muutosta vuoteen 2027 mennessä. (kpl. 3.3)

Valuma-alueella tehtävät kansallisten vesiensuojelutoimenpiteiden välittömimmät vaikutukset ulottuvat lähinnä sisäsaaristoon, kun taas ulko- ja välisaaristossa merkittävin vaikutus on avomereltä tulevalle ja sisäisellä kuormituksella. Lyhyellä aikavälillä, vuoteen 2027 mennessä, rannikkovesien hyvää tilaa ei saavuteta yleisesti nykyisillä vesienhoidon toimenpiteillä. Suurimmassa osassa lounaisen sisäsaariston, Suomenlahden sisäsaariston ja Selkämeren rannikkovesien alle hyvän tilan olevien vesimuodostumien tilaan voitaisiin merkittävästi vaikuttaa epäorgaanisen typen kuormitusta vähentämällä. Vaikuttaminen olisi mahdollista myös muissa rannikkovesityypeissä sijaitsevista vesimuodostumissa, lukuun ottamatta lounaista ulkosaaristoa ja Ahvenanmaan väli- ja ulkosaaristoa. Epäorgaanisen fosforin kuormitusta vähentämällä vaikutukset ovat vähemmän merkittäviä, parhaimmat tulokset saataisiin Selkämeren sisemmissä rannikkovesissä. Suomenlahden ja Saaristomerien saaristovyöhykkeet suodattavat valuma-alueelta tulevaa ravinnekuormaa siinä määrin, että niiden tuntumassa avomerialueille päätyneestä levillä käyttökelpoisesta fosforista alle 10 % arvioidaan olevan peräisin valuma-alueelta. Selkämeren rannikkovesissä valuma-alueen suhteellinen vaikutus on suurempi, vastaava luku on typen osalta 36 %. (kpl 3.4)

Ilmastomuutoksen odotetaan vaikuttavan niin valuma-alueen kuin merenkin fysikaalis-kemiallisiin ominaisuuksiin. Sen odotetaan vastavaikuttavan toimenpiteillä saatiin parannuksiin niin, että nykyisiä kesäajanjaksoa kuvaavilla indikaattoreilla mitattuna ei hyvää tilaa ole mahdollista saavuttaa pitkällä aikavälillä, vuosiin 2040 tai 2070 mennessä, edes laajoin maatalouden toimenpitein. Ilmastomuutoksen vaikutus valuma-alueen kuormituskehitykseen on etenkin eteläisessä Suomessa fosforikuormitusta lisäävä, kun taas turvevaltaisella Perämeren valuma-alueella typpikuormituksen ennustetaan nousevan. Ilmastomuutos tuleeikin vaikeuttamaan hajakuormituksesta, erityisesti maataloudesta, peräisin olevan ravinnekuorman vähentämistä. Vaikka rannikkovesiin kohdistuva vuotuinen kokonaiskuormitus vähenisi ilmastomuutoksesta huolimatta, vähennysten suorat vaikutukset näkyisivät rannikolla erityisesti kevätkautena, jolloin virtaamat ovat suurimmillaan – kesäajanjaksoon vaikutukset ovat epäsuorat, ja näkyvissä vasta selvityksessä simuloidun ajanjakson (2040 ja 2070) jälkeen. Itämeren pohjoisten merialueiden ravinne-dynamiikkaa kuvaavissa malleissa on suurta epävarmuutta, kuten myös ilmastomuutoksen vaikutusten arvioissa Itämeren pohjoisten alueiden fysikaalisiin oloihin. Näistä epävarmuustekijöistä johtuen ilmastomuutosta ei pystytä ottamaan vielä huomioon rannikkoaluemallissa, vaikka ne ovat mukana valuma-alueen kuormituksen arvioissa. Ilmastomuutoksella saattaa kuitenkin olla vaikutuksia rannikkovesien ravinnetaseeseen, erityisesti sisäisen kuormituksen ja avomerivaikutuksen osalta, samoin kuin tuotannon

vuodenaikaisuuteen. Näiden muutosten arviointi odottaa kuitenkin tutkimusten antamaa lisätietoa ilmastonmuutoksen vaikutuksista Itämereen ekosysteemiin. (kpl 3.2)

Rannikkovesien tilan arvioiminen ja siinä käytetyt indikaattorit

Rannikkovesien ekologista tilaa määritetään seuraavilla indikaattoreilla: kesän kasviplanktonmäärä (a-klorofylli, osassa myös biomassa), vesikasvillisuus (rakkohaurun esiintymisen alaraja) ja pohjaeläinyhteisö (BBI). Apuna voidaan käyttää lisäksi fysikaalis-kemiallisia muuttujia: kokonaistypen ja kokonaisfosforin pitoisuuksia sekä näkösyvyyttä. Alle hyvän ekologisen tilan jääneissä vesimuodostumissa kasviplanktonindikaattorit, yleensä a-klorofylli, olivat muita biologisten olosuhteiden indikaattoreita useammin heikoimmassa tilassa, ollen tilanarvion kriittinen indikaattori. Joissakin vesimuodostumissa kriittisenä indikaattorina toimi pohjaeläinindikaattori BBI, joko yksin tai yhdessä a-klorofyllin kanssa. Tilanarviossa on havaittu muutamia kehityskohteita: pohjan happitilanneindikaattorin hyvän tilan raja-arvo riippuu alueen luontaisista ominaisuuksista, jotka otetaan huomioon kehitteillä olevan indikaattorin valmistelussa. Kasviplanktonin määrää indikoidaan vain kesän klorofyllipitoisuuksilla, vaikka kevätkukinta ylittää kesän kasviplanktonin biomassan useimmissa vesimuodostumissa, ja reagoi myös nopeammin ravinteiden vähennystoimiin. Ravinnetasoa kuvaavat kokonaisravinteet kuvaavat toki hyvin vesipatsaassa esiintyvän ravinnevarannon, mutta eivät kuvasta leville käyttökelpoista osuutta; tähän tarkoitukseen talviajan epäorgaanisiin ravinteisiin perustuvat indikaattorit sopisivat paremmin. (kpl 4.1)

Rannikkovesien tila raportoidaan erikseen osana merenhoidon rehevöitymisen tilanarviota ja vesienhoidon ekologisen tilan arviota. Vaikka indikaattorit ovat yhtenevät, on kummassakin tilanarvioissa käytetty omaa lähestymistapaa, joka eroaa tilanarviotyökalujen, mittakaavan ja asiantuntija-arvion käytön osalta. Tilanarviotyökalujen ja mittakaavan erojen on havaittu aiheuttavan joitain tilanarvioiden välisiä eroavaisuuksia rannikkovesien luokitustuloksissa. Merenhoidossa käytetyllä HEAT-työkalulla tehdyt tilanarviot päätyvät vesienhoidon tilanarviota herkemmin heikoimpaan luokkaan, johtuen osittain rehevöitymisen suhteen epälineaarisesti käyttäytyvien indikaattorien skaalauksen puutteesta – tätä ominaisuutta ollaan kuitenkin kehittämässä HELCOMin työkalusta vastaavassa työryhmässä, tavoitteena tasata mahdollisia laskennallisia vinoumia. (kpl 4.2-4.5)

Tilanarvioissa kriittiseksi, heikoimman tilan määrittäväksi indikaattoriksi tunnistettiin niin vesienhoidon kolmannella luokittelukaudella kuin pitkissä aikasarjoissa a-klorofylli. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kynnysarvojen saavuttaminen ravinneindikaattorien osalta ei väistämättä johda hyvään tilaan a-klorofyllin, ja sitä kautta ekologisen tilan osalta. (kpl 2.2 ja 4.6)

Uuden tiedon ja menetelmien kehitystarpeet

Rannikkovesien tilanarvioiden osalta tärkeimpinä kehityskohteina nähtiin indikaattorijoukon täydentäminen sellaiseksi, että se parhaiten kuvaa rehevöitymiskehitystä. Kevät-kukintaa, leville käyttökelpoisessa muodossa olevien epäorgaanisten typen ja fosforin pitoisuuksia, pohjan happitilannetta sekä Perämeren osalta pohjaeläinyhteisöä toivomasti kuvaavien indikaattorien lisääminen tilanarvioon on ratkaisevaa; osittain selvitys tai kehitystyö on jo käynnistetty, eikä loppuunsaattaminen olisi työlästä. Toinen tilanarvion kannalta ratkaiseva kehityskohde on luotettavuusarvion saattaminen operatiiviseksi osaksi ekologista indikaattorilaskentaa ja sen viestiminen osana ekologisen tilanarviota – tämä on jo rutiinina merenhoidon rehevöitymisen tilanarviossa, ja on tehty kertaluontoisesti myös kriittisimmän indikaattorin osalta aiemmalla vesienhoidon raportointikaudella. Avomeren tilanarvion kannalta ratkaiseva, mutta myös rannikkovesien näkökulmasta merkittävä kehityskohde on avomeren ja rannikon tilanarvioyksiköiden yhdenmukaistaminen, joka toteutuisi parhaiten avomerialueen jakamisella useampaan tilanarvioyksikköön. (kpl 5.)

Rannikkoaluemallin käytön kannalta mallin tausta-aineiston ja mallijärjestelmän ylläpito ovat nykyisen järjestelmän suurimmat puutteet. Mallinnuksen luotettavuuden kannalta tarvitaan Itämeritason malleihin erityisesti Selkämeren ravinne-dynamiikan parempaa kuvausta ja ilmastomuutoksen vaikutusten luotettavampaa arviota. Lisäksi mallista puuttuu kumulatiivisten vaikutusten arviointi. Sisäisen kuormituksen arviointi tehdään nykyisin tilastollisesti, mutta tavoitteena pitää olla sisäisen kuormituksen arviointi tunnettujen prosessien ja niihin vaikuttavien tekijöiden kautta dynaamisesti. Mallista puuttuu myös veden värin vaikutus valoympäristöön, mikä tulee olemaan ongelma erityisesti Perämeren rannikkoalueen levätuotannon arvioinnissa. (kpl 5.)

Jotta saataisiin ylläpidettyä ajantasaiset skenaariot rannikkovesien kuormituksesta ja vesien tilan kehityksestä vaihtoehtoisilla ilmaston, ihmistoimintojen ja vesiensuojelutoimenpiteiden tulevaisuusvaihtoehdoilla, edellyttää se systemaattista lähestymistapaa kaikilla valuma-alueilla. Mallintamisessa tarvittavat lähtötiedot, kuten peltojen ominaispiirteiden, viljelyn, metsätalouden, haja-asutuksen ja pistekuormittajien tiedot tulee olla saatavilla tarkkoina ja ajantasaisina. Ihmistoimintojen, kuten maa- ja metsätalouden ja kalan kasvatuksen tulevaisuuskuvat täytyy luoda yhdessä eri toimijoiden kanssa huomioiden mm. ruokavalion mahdolliset muutokset, kuten kasvisruokavalion yleistymisen. Mallit tulisi pitää ajan tasalla sisällyttämällä niihin viimeisin tieto ravinteiden huuhtoutumiseen, kulkeutumiseen ja vaikutuksiin liittyvistä prosesseista sisävesissä ja rannikkoalueilla. Mallinnukseen liittyvästä osaamisesta ja resursseista tulisi huolehtia pitkäjänteisesti. (kpl 5.)

Näistä huolehtimalla saadaan toteutettua ajantasainen ja viimeisimpään tietoon perustuva tulevaisuuskuvien skenaariovalikoima, jota voidaan luotettavasti hyödyntää niin hallinnon kuin muidenkin toimijoiden päätöksenteossa ja tulevaisuuden suunnittelussa

vesistön tila huomioiden. Lisäksi saadaan kansalaisten käyttöön ajantasainen kuva vesien tilan tulevaisuusvaihtoehdoista ja miten kulutustottumusten muutokset voivat osaltaan vaikuttaa vesien tilaan.

KIITOKSET

Rannikon tila -hanke toteutettiin vuosina 2020–2021 aikana Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ja Ilmatieteenlaitoksen konsortiohankkeena. Hankkeella oli ohjausryhmä, jossa toimi puheenjohtajana Antton Keto ympäristöministeriöstä, sekä jäseninä Ville Keskarja maa- ja metsätalousministeriöstä, Maria Laamanen ympäristöministeriöstä sekä Heikki Lehtinen maa- ja metsätalousministeriöstä. Työtä ohjasivat ohjausryhmän kutsusta myös Janne Suomela Varsinais-Suomen ely-keskuksesta ja Antti Mäntykoski Uudenmaan ely-keskuksesta. Ohjausryhmä kokoontui neljä kertaa. Haluamme kiittää ohjausryhmää tuesta ja hanketta edistävästä kommentista.

1 Johdanto

1.1 Vesien- ja merenhoito

Suomen rannikkovesien tila ei ole merkittävästi parantunut, vesien- ja merensuojeluohjelmien ja -toimenpiteistä huolimatta. Tuoreimmat tila-arviot Suomen meriympäristön tilasta (Korpinen ym. 2018) ja sisä- ja rannikkovesien tilasta (SYKE, 2019) osoittavat, että rannikkovesien tila on jopa heikentynyt Pohjanlahdella. Suomenlahdella voidaan kuitenkin nähdä parantumista mm. Pietarin jätevesien puhdistumisen ja Venäjän Laukaanjoen fosforikuormituslähteen tukkimisen myötä.

Vesienhoidon tavoitteena on saavuttaa rannikkovesissä hyvä ekologinen tila vuoteen 2027 mennessä EU vesipuidedirektiivin (VPD) mukaisesti – tiettyjä etukäteen määritettyjä poikkeamia lukuun ottamatta. Merenhoidon tavoitteena on saavuttaa Itämeressä, ml. rannikkovedet, hyvä meriympäristön tila vuoteen 2020 mennessä, kuten EU meristrategiadirektiivi (MSD) edellyttää. HELCOMin Itämeren toimintasuunnitelman mukainen hyvä Itämeren tila tulee saavuttaa vuonna 2021.

Rannikkovesien tilaan vaikuttavat valuma-alueelta jokien mukana tuleva kuormitus, suora pistekuormitus, laivojen jätevesipäästöt, typen ilmalaskeuma ja Itämeren syvänteistä kumpuavat sisäiset ravinnevarastot. Erityisesti suora pistekuormitus ja laivojen jätevesipäästöt ovat sellaisia, joihin on mahdollista vaikuttaa nopeasti kuormitusta vähentävin toimenpitein. Myös jokien mukana tulevaan kuormitukseen ja syvänteistä vapautuviin ravinteisiin on mahdollista vaikuttaa valuma-alueen kuormitusta vähentämällä, mutta vaikutus tapahtuu viiveellä.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset voidaan jo nyt nähdä Itämeren fysikaalisina, kemiallisina ja biologisina muutoksina. Tällä hetkellä muutokset ovat vielä verrattain vähäisiä, mutta vuoteen 2050 mennessä ennustetut muutokset suolapitoisuudessa, lämpötilassa, kerrostuneisuudessa ja lajien levinneisyydessä vaikuttavat todennäköisesti rehevöitymistilaan.

Vesienhoidon ekologinen tila, merenhoidon meriympäristön tila ja HELCOMin Itämeren meriympäristön tila ovat rannikkovesissä osittain päällekkäisiä käsitteitä, joiden samankaltaisuus korostuu rehevöitymisen tilan arvioimisessa. Voidaankin yleistäen sanoa, että nämä eroavat vain muutamien tekijöiden suhteen (Taulukko 1). Merenhoidon tila-arvio kuitenkin sisältää muitakin laadullisia kuvaajia kuin rehevöitymisen; näitä ei kuitenkaan käsitellä tässä hankkeessa.

Taulukko 1. Vesienhoidon ekologisen tilan ja merenhoidon rehevöitymistilan muuttujien vertailu. HELCOMissa sovittu Itämeren tila vastaa MSDn meriympäristön tilaa.

	Vesienhoidon ekologinen tila	Merenhoidon rehevöitymistila
Typipitoisuus	käytössä	käytössä
Fosforipitoisuus	käytössä	käytössä
Kasviplanktonin klorofylli	käytössä	käytössä
Kasviplanktonin biomassa	käytössä	käytössä
Sinileväkukinnot	ei käytössä	käytössä
Näkösyvyys	käytössä	käytössä
Makrofytyt	käytössä	käytössä
Pohjaeläinyhteisöt	käytössä	käytössä
Pohjan happipitoisuus	käytössä	käytössä

1.2 Hankkeen tavoitteet

Hankkeessa arvioitiin mahdollisuuksia saavuttaa hyvä ekologinen tila tai hyvä meriympäristön rehevöitymistila rannikkovesissä vuoteen 2027 tai 2050 mennessä. Hankkeessa keskityttiin ensinnä kuormituksen muutoksiin ilmastomuutoksen ja nykyisten toimenpiteiden vaikuttavuuden seurauksena ja toisaalta kuormitusmuutosten aiheuttamaan rannikkovesien tilan muutoksiin. Tämä toteutettiin skenaarioanalyysillä valuma-alueen kuormitusmallin (VEMALA), Itämeren hydrodynaamisen mallin (IL-SCOBI) ja rannikkovesien tilaa kuvaavan mallin (FICOS) avulla. Mallit tuottavat tiedon kuormituslähteiden merkittävyydestä tilan määräytymiseen.

Rannikkovesien tila määräytyy usean muuttujan seurauksena (Taulukko 1), ja siksi mahdollisuudet hyvän ympäristön tilan saavuttamiseksi arvioitiin muuttujittain rannikon vesimuodostumissa. Hyvän ekologisen tilan tai hyvän meriympäristön rehevöitymistilan saavuttaminen arvioitiin vesien- ja merenhoidon arviointikäytänteiden mukaisesti. Hankkeessa tutkittiin lisäksi perusteita vesien- tai merenhoidon mahdollistamien poikkeuksien hakemiseksi niissä tapauksissa, joissa hyvää tilaa ei ole mahdollista saavuttaa.

Koska rehevöityminen on Itämeren merkittävin ympäristöongelma (mm. HELCOM 2018), ajankohtaista ravinnekuormitustietoa tarvitaan säännöllisesti päätöksenteon tueksi ja hyvien tieteellisten jatkotutkimuksien pohjaksi. Suomen ympäristökeskuksen ja Ilmatieteenlaitoksen tietokannat ja mallit mahdollistavat pitkälle automatisoitujen ratkaisujen kehittämisen verkkoon. Hankkeessa laadittiin suunnitelma tällaisesta ratkaisusta

ja arvioitiin näiden tietokantojen ja mallien tietotarpeita sekä tiedon päivittymistä ja luotettavuutta.

Hanke tarkasteli näin ollen kolmea tutkimuskysymystä:

1. Miten Suomen rannikkoalueen vesien tila on muuttunut, ja mitkä ovat siihen vaikuttaneet tekijät – missä määrin tilaan vaikuttavat yhtäältä valuma-alueen kuormitus ja toisaalta vesien- ja merenhoidon ulkopuoliset muutostekijät, kuten avomereltä tuleva kuormitus tai ilmastonmuutos?
2. Mikä on nykytiedon ja toimenpiteiden valossa rannikon tila vuonna 2027, entä vuonna 2040 tai 2070?
3. Mitä epävarmuuksia arvioon liittyy; mitä uutta tietoa ja menetelmiä tarvitaan, jotta systemaattinen skenaariotarkastelu rannikkoalueen vesien tilan kehityksestä ja toimenpiteiden sekä muiden muutostekijöiden vaikutuksista olisi tulevaisuudessa saatavilla ajantasaisesti niin hallinnon kuin laajemmin yhteiskunnan käyttöön?

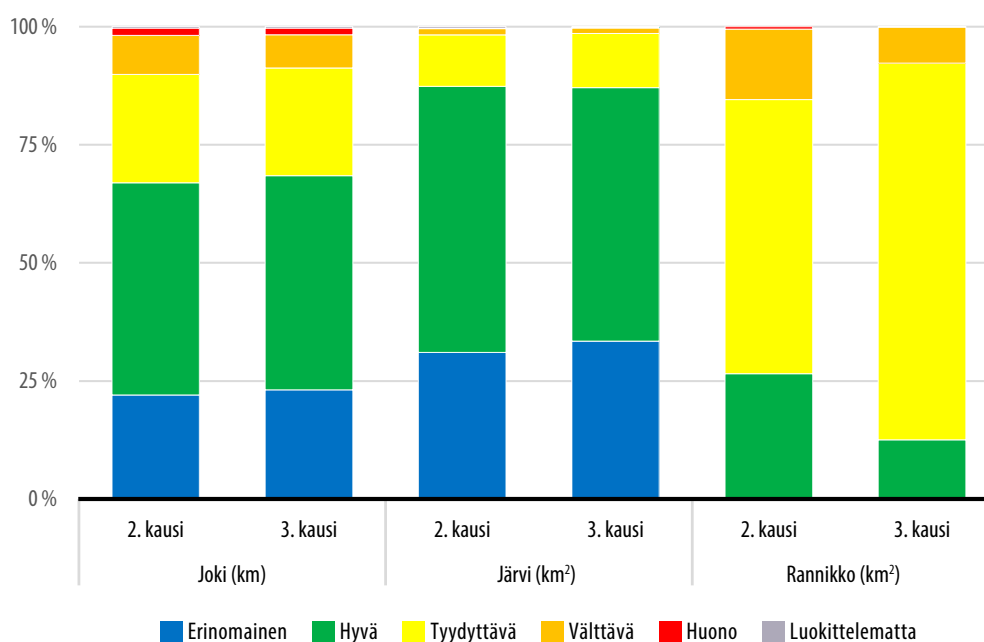
2 Rannikkovesien tila ja siihen vaikuttavat tekijät

2.1 Muutokset ekologisessa tilassa toiselta luokittelukaudelta kolmannelle luokittelukaudelle

Pintavesien ekologinen tilaluokka on parantunut lyhyellä aikavälillä, vesienhoidon toiselta luokittelukaudelta (2006–2012) kolmannelle (2012–2017), 20:ssä ja heikentyi 39:ssä rannikon 276:sta vesimuodostumasta. Tyydyttävässä tilassa olevien vesimuodostumien osuus rannikon pintavesistä nousi noin 20 % pinta-alaa kohti laskettuna, kun vastaavaa muutosta ei tapahtunut jokien tilassa (Kuvio 1). Suurin osa parantuneen tilaluokan vesimuodostumista sijaitsi Suomenlahdella, kun puolestaan huonontuneen tilaluokan vesimuodostumia löytyi erityisesti Ahvenanmaan, Selkämeren ja Perämeren rannikolta (Kuvio 2). Lounaisen sisäsaariston vesimuodostumissa oli sekä heikentyneitä että parantuneita luokitustuloksia.

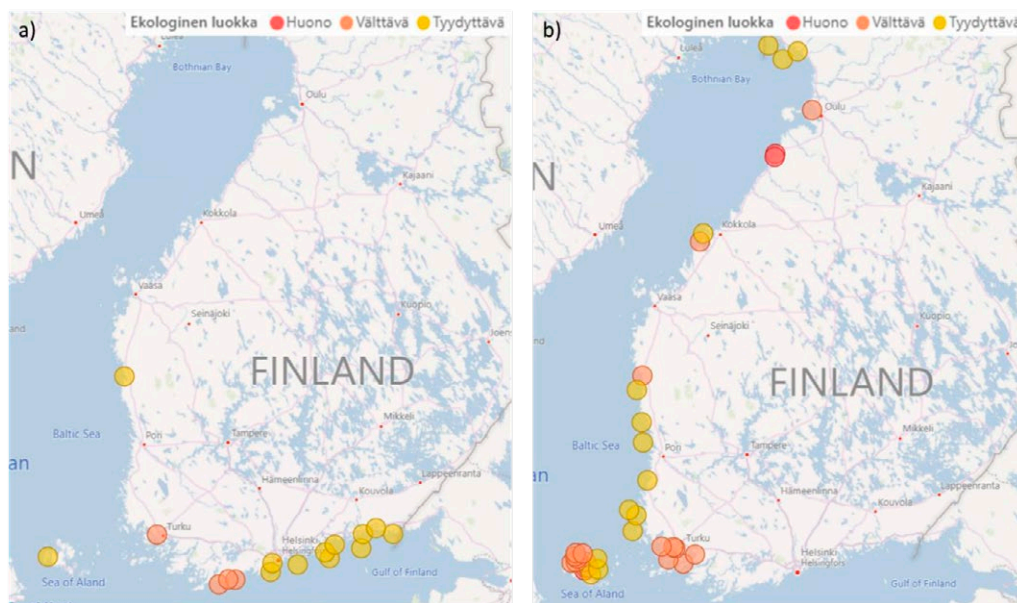
Kuvio 1. Pintavesien ekologisen tilan jakautuminen eri luokkiin toisella ja kolmannella luokittelukaudella. Luokkien osuudet jokipituudesta ja järvien ja rannikkovesien pinta-alasta (Lähde: SYKE 2020).

2. ja 3. kauden ekologisen tilan vertailu lukuunottamatta keinotekoisia ja voimakkaasti muutettuja vesiä



Saman aikaisesti kahdeksan mereen laskevan joen alaosan tila on huonontunut ja 13 tila parantunut. Suurin osa (9) parantuneen tilan jokimuodostumista sijaitsi Perämerellä, mutta huonontuneen tilan jokimuodostumia löytyi jokaiselta merialueelta. Vain yhdessä tapauksessa rannikon vesimuodostuman ja joen muutos tapahtui yhtäaikaa: Viheriäisten aukon heikentynyt tila tapahtui samanaikaisesti siihen laskevan Raisonjoki-Ruskonjoki tilan huonontumisen kanssa. Tulokset viittaavat siihen, että rannikon tilan muutokset johtuisivat pääosin muusta kuin maalta tulevan kuormituksen muutoksista. Huomioitavaa on kuitenkin, että rannikon vesimuodostumien tilaluokittelun kriteerit poikkeavat jokien tilaluokittelun kriteereistä, mikä saattaa vaikuttaa tuloksiin.

Kuvio 2. Rannikon vesimuodostumat, joiden ekologinen tila on a) parantunut b) heikentynyt toiselta luokittelukaudelta kolmannelle luokittelukaudelle. Väri kuvaa vesimuodostumien ekologista tilaa kolmannelle luokittelukaudella. Vesimuodostumat, joiden tila muuttui johtuen menetelmällisistä muutoksista, uudesta seuranta-aineistosta tai vesityypin muutoksesta eivät ole mukana kuvassa. Kuva: HERTTA ympäristötiedonhallintajärjestelmä



Kahdeksassa vesimuodostumassa ekologisen tilan muutoksen voidaan katsoa johtuneen menetelmällisistä muutoksista, uudesta seuranta-aineistosta tai vesityypin muutoksesta: kahdessa Perämeren ulkosaariston ja kahdessa Selkämeren sisäsaariston vesimuodostumassa, joiden tilan luokka oli heikentynyt, sekä yhdessä Lounaisen sisäsaariston ja Perämeren sisäsaariston sekä kahdessa Merenkurkun sisäsaariston vesimuodostumassa, joiden luokitus oli parantunut (Taulukko 2). Nämä vesimuodostumat on poistettu myöhemmistä analyyseistä.

Taulukko 2. Vesienhoidon ekologisen tilanarvion luokitustulosten muutokset toiselta kolmannelle luokittelukaudelle. Tilaltaan heikentyneiden, tilaltaan muuttumattomien ja tilaltaan parantuneiden vesimuodostumien lukumäärät vesityypeittäin. Tyyppi = vesityypin tunnus. Suluissa annetuissa luvuissa on mukaan luettu ne vesimuodostumat, joiden tila on muuttunut johtuen menetelmällisistä muutoksista, uudesta seuranta-aineistosta tai vesityypin muutoksesta.

Vesienhoidon rannikkotyyppi	Heikentynyt	Ei muutosta	Parantunut
Ahvenanmaan sisäsaaristo	11	11	0
Ahvenanmaan välisaaristo	2	18	1
Ahvenanmaan ulkosaaristo	0	18	0
Lounainen sisäsaaristo	5	37	4 (5)
Lounainen ulkosaaristo	1	10	0
Lounainen välisaaristo	1	12	0
Merenkurkun sisäsaaristo	0	13	0 (2)
Merenkurkun ulkosaaristo	0	8	0
Perämeren sisemmät rannikkovedet	6	23	0 (1)
Perämeren ulommat rannikkovedet	2 (4)	7	0
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3 (5)	31	1
Selkämeren ulommat rannikkovedet	4	3	0
Suomenlahden sisäsaaristo	0	25	6
Suomenlahden ulkosaaristo	0	1	4

Ekologisen tilan muutoksen taustalla olevia tekijöitä selvitettiin tarkastelemalla eri kuormituslähteiden osuuksia epäorgaanisten ravinteiden ja kokonaisravinteiden määrässä niissä rannikon vesimuodostumissa, joiden tila oli muuttunut lyhyellä aikavälillä (toiselta vesienhoidon luokittelukaudelta kolmannelle). Suomenlahden sisä- ja ulkosaariston ja Lounaisen sisäsaariston tilaltaan parantuneissa vesimuodostumissa, yli 55 % ravinnekuormasta tuli avomereltä, lukuun ottamatta Suomenlahdella sijaitsevia Kotkanedustan Keisarinsatamaa, Haminanlahtea ja epäorgaanisen typen osalta myös Keipsaloo (Taulukko 3). Näitä poikkeuksia lukuun ottamatta sisäinen kuormitus oli toiseksi suurin fosforikuormituksen lähde. Jokikuormituksella oli vain 10–30 % vaikutus epäorgaanisen ja kokonaistypen, 1–9 % epäorgaanisen fosforin ja 4–16 % kokonaisfosforin määrään. Voidaan siis olettaa, että tilan parantuminen oli suurimmassa osassa vesimuodostumia enemmän seurausta avomereltä tulevasta taustakuormituksen kuin maalta tulevan kuormituksen vähenemisestä. Suomenlahden rannikon vesimuodostumien tilan paranemiseen on todennäköisesti vaikuttanut Nevan ja Pietarin ravinnekuormituksen väheneminen.

Lounaisen sisäsaariston tilaltaan heikentyneissä vesimuodostumissa suurin vaikutus epäorgaanisen typen määrään oli jokikuormituksella, kun taas epäorgaanisen fosforin määrään vaikutti sisäinen kuormituksesta tai avomereltä tuleva taustakuormitus. Kokonaisravinnemäärään vaikutti melko tasaisesti jokikuormitus, avomeren taustakuormitus, ja fosforin osalta myös sisäinen kuormitus. Joet olivat suurin epäorgaanisen typen kuormittaja myös viidessä seitsemästä tilaltaan heikentyneessä Selkämeren vesimuodostumassa. Selkämerellä suurin osa epäorgaanisen fosforin ja kokonaisravinteiden kuormituksesta oli kuitenkin peräisin avomereltä, lukuun ottamatta Pjela-fjärdeniä, jossa jokikuorman osuus oli suurin.

Taulukko 3. Ekologisen tilan muutos lyhyellä aikavälillä, vesienhoidon toiselta luokittelukaudelta kolmannelle, sekä eri lähteiden osuudet typpi- ja fosforikuormasta tilaltaan muuttuneissa vesi-
muodostumissa. Kuormitustiedot eivät olleet saatavilla Perämeren, Ahvenanmaan sisäsaariston (Bussofjärdeniä lukuun ottamatta) sekä yksittäisille muiden tyyppien vesimuodostumille. Tunnus=
vesimuodostuman koodi, Ekologisen tilan koodit: Hu= huono, V= välttävä, T=tyydyttävä, Hy=Hyvä, Ekologisen tilan muutos toiselta kolmannelle kaudelle:1= luokitus parantunut yhden luokan,
-1 = luokitus heikentynyt yhden luokan, Kuormituslähteet: Vemala = jokikuormitus, Sisäinen= sisäinen kuormitus, piste= suora pistekuormitus, meri= taustakuormitus avomereltä. DIN= liuen-
nut epäorgaaninen typpi, DIP= liennut epäorgaaninen fosfori, totN= kokonaistyyppi, totP= kokonaisfosfori.Eri lähteiden o suus kaikissa vesimuodostumissa esitetään liitteessä 1.

Vesityyppi	Tunnus	Vesimuodostuma	Ekol. tila kausi 2	Ekol. tila kausi 3	Ekol. tilan muutos	Vemala	Sisäinen	Piste	Meri	Vemala	Sisäinen	Piste	Meri	Vemala	Sisäinen	Piste	Meri	Vemala	Sisäinen	Piste	Meri
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_002	Virolahden sisäsaaristo	V	T	1	29 %	4 %	1 %	61 %	5 %	25 %	0 %	69 %	19 %	1 %	0 %	79 %	11 %	13 %	0 %	76 %
	2_Ss_005	Haminanlahti	V	T	1	55 %	4 %	17 %	21 %	17 %	44 %	1 %	37 %	53 %	2 %	11 %	32 %	31 %	29 %	2 %	37 %
	2_Ss_010	Kotkan edusta. Keisarinsatama	V	T	1	91 %	1 %	1 %	6 %	48 %	22 %	0 %	29 %	86 %	1 %	1 %	12 %	62 %	13 %	1 %	24 %
	2_Ss_019	Keipsalo	V	T	1	46 %	3 %	2 %	44 %	9 %	34 %	0 %	56 %	33 %	1 %	1 %	62 %	16 %	25 %	1 %	58 %
	2_Ss_021	Vätskär-Ölandet	V	T	1	32 %	4 %	1 %	58 %	6 %	28 %	0 %	66 %	21 %	1 %	1 %	75 %	10 %	20 %	0 %	69 %
	2_Ss_029	Suvisaaristo-Lauttasaari	V	T	1	28 %	3 %	4 %	60 %	6 %	14 %	0 %	79 %	20 %	1 %	2 %	75 %	10 %	10 %	1 %	79 %
Suomenlahden ulkosaaristo	2_Su_020	Pyhtää-Kotka ulko	V	T	1	18 %	2 %	1 %	76 %	3 %	12 %	0 %	84 %	9 %	1 %	0 %	90 %	4 %	7 %	0 %	88 %
	2_Su_030	Loviisa-Porvoo	V	T	1	19 %	2 %	1 %	75 %	3 %	13 %	0 %	84 %	10 %	1 %	0 %	88 %	5 %	8 %	0 %	86 %
	2_Su_040	Porvoo-Helsinki	V	T	1	17 %	2 %	2 %	75 %	3 %	10 %	0 %	86 %	10 %	1 %	1 %	87 %	5 %	7 %	0 %	88 %
	2_Su_050	Helsinki-Porkkala	V	T	1	16 %	2 %	4 %	74 %	3 %	9 %	0 %	88 %	10 %	1 %	2 %	87 %	4 %	6 %	1 %	88 %
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_005	Orslandet	Hu	V	1	13 %	4 %	2 %	74 %	2 %	20 %	0 %	78 %	8 %	1 %	1 %	88 %	4 %	14 %	0 %	81 %
	2_Ls_006	Barösund	Hu	V	1	25 %	4 %	2 %	57 %	3 %	26 %	0 %	69 %	19 %	1 %	1 %	75 %	11 %	18 %	0 %	69 %
	2_Ls_008	Sandöfjärden	Hu	V	1	13 %	4 %	2 %	73 %	1 %	22 %	0 %	75 %	8 %	1 %	1 %	88 %	4 %	16 %	0 %	80 %
	3_Ls_005	Kirkonsalmi - Salavainen - Kolkka	T	V	-1	41 %	9 %	4 %	36 %	6 %	46 %	1 %	46 %	21 %	4 %	2 %	70 %	11 %	34 %	1 %	53 %
	3_Ls_014	Viheriäistenaukko	T	V	-1	56 %	3 %	28 %	10 %	23 %	42 %	5 %	29 %	49 %	2 %	17 %	30 %	38 %	28 %	5 %	28 %
	3_Ls_019	Paimionlahti ja Paimionselän sisäosa	T	V	-1	84 %	4 %	3 %	7 %	30 %	49 %	1 %	20 %	74 %	2 %	2 %	20 %	51 %	31 %	1 %	18 %
	3_Ls_021	Paraisten sisäsaaristovedet	T	V	-1	44 %	13 %	6 %	23 %	6 %	64 %	1 %	27 %	31 %	6 %	3 %	54 %	15 %	51 %	1 %	32 %
	3_Ls_027	Naantalin sataman edusta	T	V	-1	66 %	3 %	19 %	8 %	24 %	45 %	3 %	26 %	58 %	2 %	12 %	26 %	40 %	30 %	3 %	25 %
Lounainen välisaaristo	3_Lv_008	Hämmärönsalmi	T	V	-1	52 %	5 %	6 %	31 %	6 %	44 %	1 %	48 %	31 %	2 %	3 %	62 %	18 %	31 %	1 %	49 %
Lounainen ulkosaaristo	3_Lu_070	Kihdin pohjoispuoli	Hy	T	-1	8 %	5 %	3 %	77 %	1 %	16 %	0 %	81 %	2 %	1 %	1 %	97 %	1 %	8 %	1 %	90 %
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_041	Bussöfjärden	Hy	T	-1	6 %	3 %	15 %	69 %	0 %	9 %	3 %	87 %	2 %	1 %	4 %	93 %	1 %	5 %	5 %	88 %
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_034	Simskälafjärden	Hy	T	-1	4 %	3 %	5 %	80 %	1 %	9 %	1 %	89 %	1 %	0 %	1 %	97 %	1 %	5 %	1 %	93 %
Selkämeren sisemät rannikkovedet	3_Ses_017	Pjälaxfjärden	T	V	-1	92 %	1 %	1 %	1 %	55 %	21 %	1 %	6 %	89 %	0 %	1 %	5 %	75 %	7 %	2 %	5 %
	3_Ses_021	Kristiinankaupunki etelä	V	T	1	90 %	0 %	1 %	7 %	77 %	2 %	0 %	18 %	80 %	0 %	1 %	19 %	75 %	1 %	1 %	21 %
	3_Ses_046	Liesluodon - Korsaaaren edusta	Hy	T	-1	27 %	1 %	9 %	58 %	2 %	6 %	1 %	88 %	11 %	0 %	2 %	85 %	5 %	3 %	2 %	88 %
Selkämeren ulommat rannikkovedet	3_Seu_070	Kaskinen-Siipyy	Hy	T	-1	63 %	1 %	2 %	30 %	17 %	6 %	1 %	72 %	36 %	0 %	1 %	61 %	28 %	3 %	1 %	66 %
	3_Seu_080	Merikarvian avomeri	Hy	T	-1	75 %	0 %	1 %	21 %	14 %	5 %	0 %	77 %	49 %	0 %	0 %	49 %	37 %	2 %	1 %	58 %
	3_Seu_090	Porin avomeri	Hy	T	-1	66 %	1 %	1 %	30 %	6 %	6 %	0 %	84 %	37 %	0 %	1 %	61 %	26 %	3 %	1 %	69 %
	3_Seu_120	Uudenkaupungin avomeri	Hy	T	-1	14 %	0 %	3 %	78 %	1 %	1 %	0 %	95 %	5 %	0 %	1 %	93 %	3 %	1 %	1 %	94 %

2.2 Indikaattorikohtaiset tulokset tilaltaan muuttuneissa vesimuodostumissa

Yleensä ekologisen tilassa tapahtuvan muutoksen taustalla oli useamman kuin yhden indikaattorin tilan muuttuminen (Taulukko 4). Useimmin muutoksia oli tapahtunut klorofylli-, pohjaeläin- ja ravinneindikaattoreissa, ja lisäksi tilaltaan heikentyneissä vesimuodostumissa myös näkösyvyydessä. Suomenlahden sisäsaaristossa, missä oli eniten tilaltaan parantuneita vesimuodostumia, ekologisen tilan muutoksen taustalla oli useimmin parantunut klorofyllin ja/ tai pohjaeläinten luokitus. Ahvenanmaan vesimuodostumien tilaluokan muutosten syyt eivät ole tiedossa.

Taulukko 4. Muutokset indikaattorien tilassa niissä vesimuodostumissa (vm), joiden ekologinen tila on muuttunut toiselta kolmannelle luokittelukaudelle. Lukuarvot kertovat kuinka monessa vesityypin vesimuodostumassa kunkin indikaattorin tila on muuttunut samaan suuntaan kuin ekologinen tila. Indikaattorikohtaisia tuloksia ei ollut saatavilla Ahvenanmaan saariston vesimuodostumille. chl= klorofylli, biomassa= kasviplanktonbiomassa, fucus= rakkohaurun alakasvuraja, BBI= pohjaeläinindikaattori, totN= kokonaistyyppi, totP= kokonaisfosfori, secchi= näkösyvyys

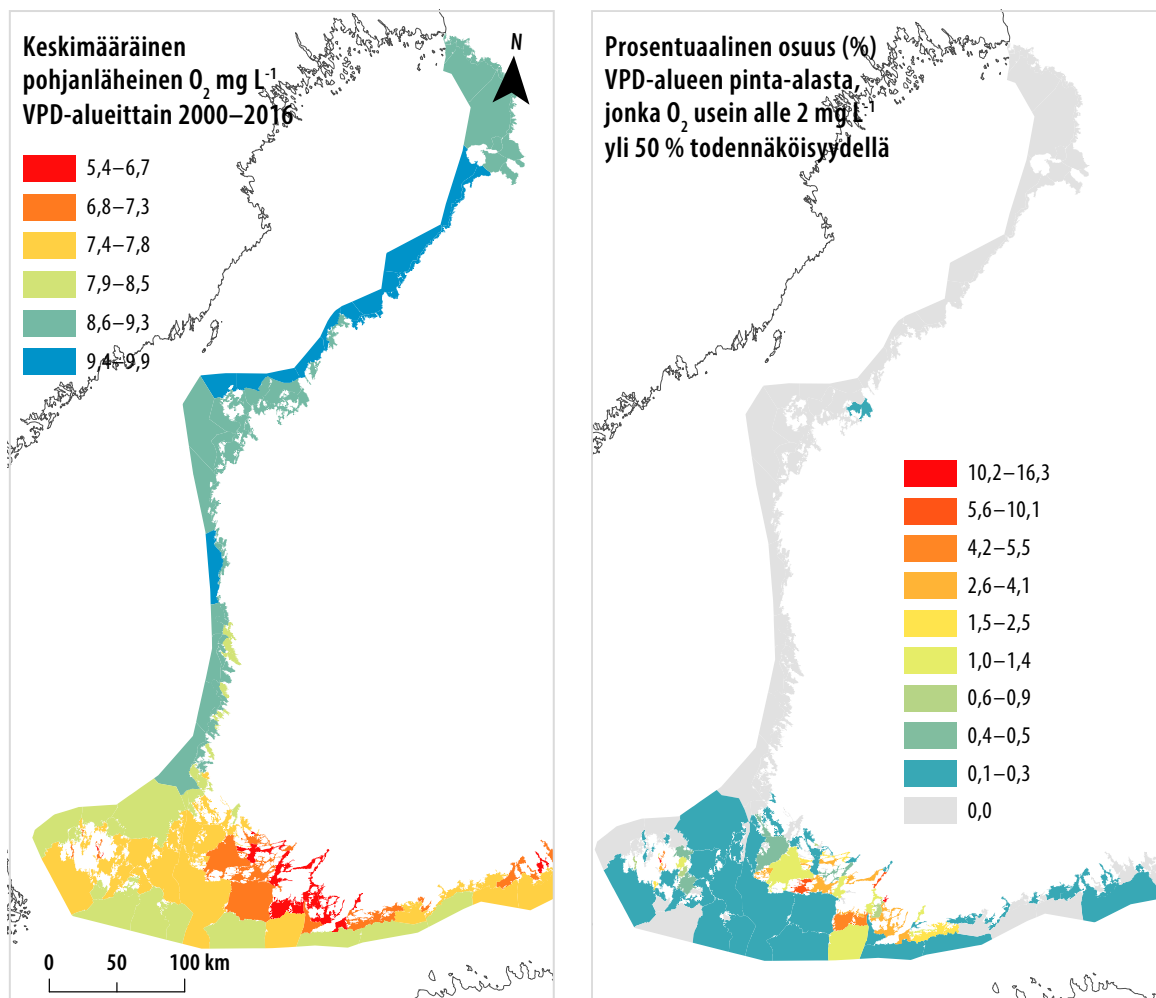
Vesityyppi	vm lkm	chl	biomassa	fucus	BBI	totN	totP	secchi
Ekologinen tila parantunut								
Lounainen sisäsaaristo	4	1			2	2	3	
Suomenlahden sisäsaaristo	6	4		1	4	2	2	1
Suomenlahden ulkosaaristo	4	1	1	2	1	1	1	
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	1	1				1	1	
Yht.	15	7	1	3	7	6	7	1
Ekologinen tila huonontunut								
Lounainen sisäsaaristo	5	3				3	2	2
Lounainen välisaaristo	1	1			1			
Lounainen ulkosaaristo	1		1					
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4*	3			2	3	4	4
Perämeren ulommat rannikkovedet	2				1		1	2
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3				3	2		
Selkämeren ulommat rannikkovedet	4		3			1	1	1
Yht.	20	7	4	0	7	9	8	9

*Lisäksi ekologisen tilan luokka on huonontunut kahdessa voimakkaasti muunnetussa vesimuodostumassa.

2.3 Hapettomuusriski ja pohjaeläinyhteisöt

Jokaiselle vesimuodostumalle laskettiin tilastollinen keskimääräinen pohjan happipitoisuus vuosina 2000–2016 (Kuvio 3, vasen paneeli) sekä pohjan hapettomuuden esiintyvyyden todennäköisyys (keskiarvo, maksimi, minimi, keskiahajonta). Tämä tehtiin alueiden luontaista hapettomuusalttiutta kuvaavan mallin avulla (Virtanen ym. 2019).

Kuvio 3. Pohjan hapettomuus rannikon vesimuodostumissa. Vasen paneeli: keskimääräinen happipitoisuus tilastolliseen mallinnukseen perustuen laskettuna vesimuodostuman keskiarvona. Oikea paneeli: prosentuaalinen osuus (%) vesimuodostuman pinta-alasta, jonka happipitoisuus alittaa toistuvasti $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ raja-arvon yli 50 % todennäköisyydellä.



Alueiden luonnollinen alttius pohjan hapettomuudelle saattaa olla pienimuotoinen ilmiö, joka keskittyy alueille, joilla vedenvaihto on rajoittunutta. Yksittäisten vesimuodostumien keskimääräinen todennäköisyys hapettomuudelle saattaa olla tästä syystä matala, sillä kooltaan suurehkot vesimuodostumat sisältävät laajoja alueita, joilla vesi vaihtuu ja happitilanne on hyvä. Vaikka hapettomuus saattaa olla rajoittuneiden alueiden osalta paikallista, voi se olla silti ekologisesti merkittävää. Tästä syystä hapettomuuden keskimääräinen todennäköisyys vesimuodostumittain ei ole kovin hyvä mittari hapettomuudelle. Myöskään hapettomuuden maksimi-arvot (korkea todennäköisyys hapettomuuden

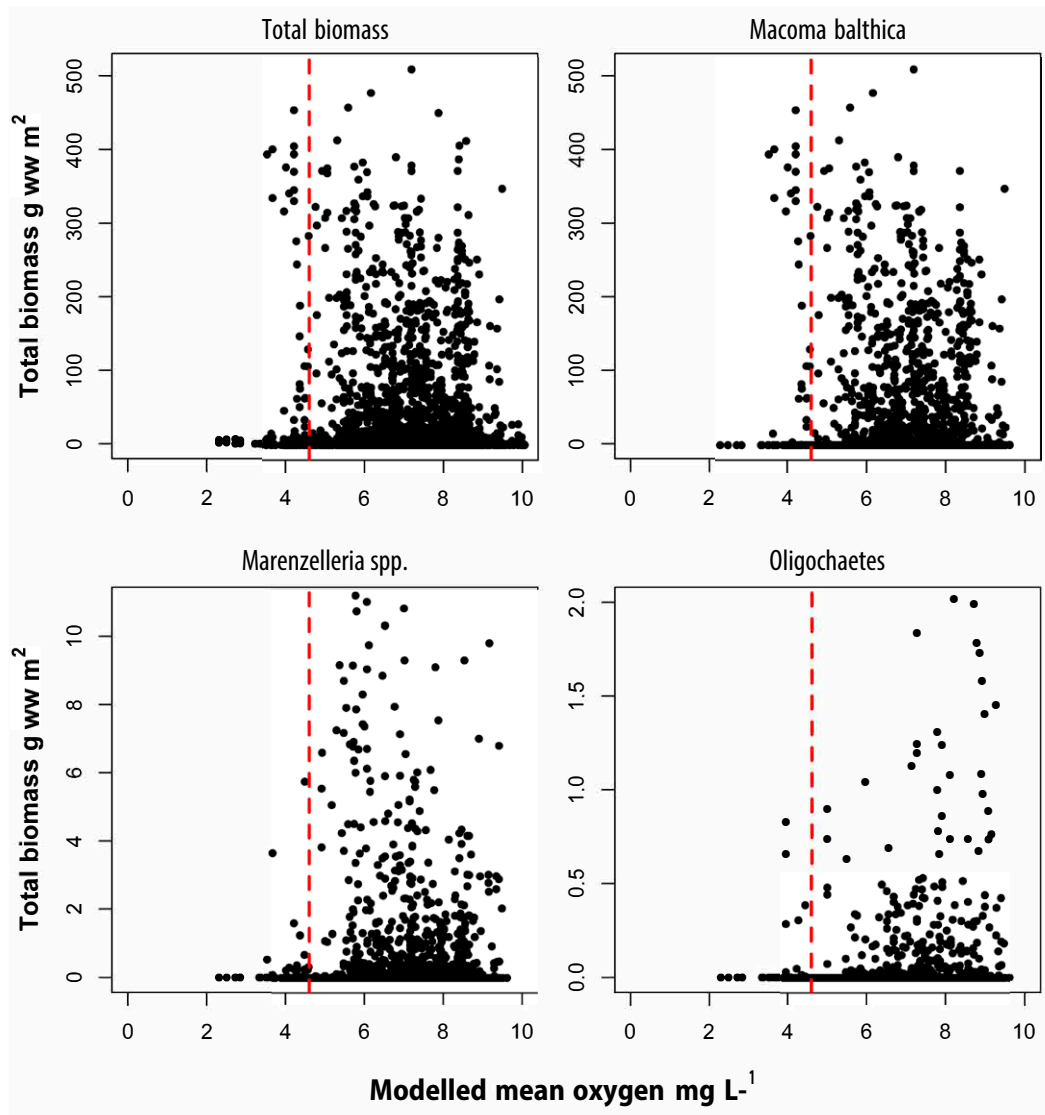
muodostumiselle) eivät toimi mittarina, sillä suuret vesimuodostumat saattavat sisältää monenlaisia alueita, ml. vedenvaihdoltaan rajoittuneita alueita, jotka tuottavat vesimuodostumalle korkean todennäköisyysarvon. Tästä syystä vesimuodostumille laskettiin alueen luonnollinen pinta-alaan suhteutettu riskialttius. Hapettomuuden riskialttius kuvaa (prosentteina) sitä vesimuodostuman pinta-alan osuutta, jolla hapettomuusraja 2 mg L^{-1} alittuu toistuvasti 50 % todennäköisyydellä (Kuvio 3, oikea paneeli).

Tarkastelun perusteella havaittiin, että hapettomuudelle riskialttiita vesimuodostumia (yli 1 %:ssa vesimuodostuman pinta-alasta pohjan hapettomuus $< 2 \text{ mg L}^{-1}$ yli 50 % todennäköisyydellä, kuvio 3 oikeanpuoleinen paneeli) on lounaisessa sisä-, väli- ja ulkosaaristossa sekä Ahvenanmaan sisäsaaristossa. Näistä pahimmin riskialttiit alueet (hapettomuusriski $> 10 \%$ pinta-alasta) sijaitsevat saaristojen sisimmissä osissa.

Monet pohjan hapettomuudelle luontaisesti alttiit pienymtaat muodostavat keskenään kytkeytyneitä hapettomia verkostoja. Vesimuodostumien tyypittelyn tarkistamisen yhteydessä tulisi huomioida alueiden luonnollinen alttius hapettomuudelle sekä merenpohjan pienten altain kytkeytyvyys, jotta vesimuodostumat muodostaisivat mielekkäitä kokonaisuuksia.

Tilastollisten happimallien avulla laskettujen happipitoisuuksien ja pohjaeläinten biomasan (g ww m^{-2}) vertailussa ilmeni, että pohjaeläimet ovat erittäin herkkiä matalille happipitoisuuksille. Niiden biomasan havaittiin vähenevän merkittävästi alle 4 mg L^{-1} happipitoisuuksissa (kuvio 4). Pohjaeläinyhteisöjen kannalta merkittävänä alarajana voidaankin pitää sitä, että pohjan happipitoisuus laskee ajoittain alle 4 mg L^{-1} pitoisuuteen.

Kuvio 4. Pohjaeläinten biomassan (g ww m^{-2}) suhde tilastolliseen mallinnukseen perustuvaan pohjanläheiseen (noin 1m pohjasta) happipitoisuuteen 677 seuranta-asemalta n. 7 000 biomassanäytteeseen perustuen. Katkoviiva osoittaa hapettomuusrajan $4,6 \text{ mg L}^{-1}$, jota pienemmille pitoisuuksille pohjaeläimet ovat herkkiä.



2.4 Rehevöitymistilan pitkäaikaiskehitys indikaattorien avulla arvioituna

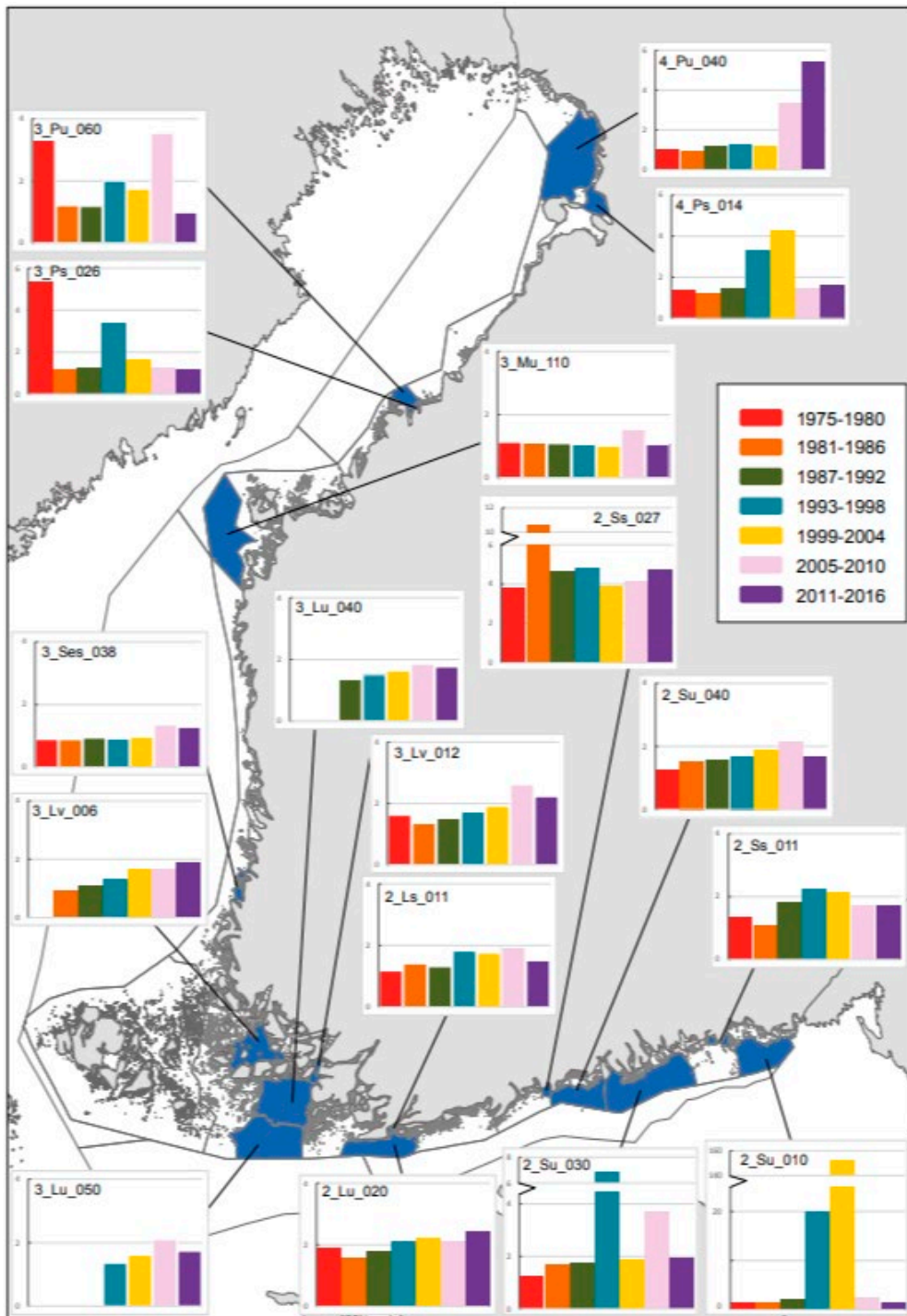
Rehevöitymistilan pitkäaikaiskehitystä selvitettiin 6-vuotisjaksoilla 1975–2016 HELCOMin tilanarviomenetelmiä hyödyntäen (Kuvio 5; Korpinen ym. 2018). Aikasarjoja tarkasteltiin 17 rannikon vesimuodostumalta, joilta on katkeamatonta indikaattoriaineistoa. Aineiston indikaattorikohtainen tarkastelu osoittaa, että klorofylli- ja pohjaeläinindikaattori olivat useimmin näissä vesimuodostumissa muita indikaattoreita heikommassa tilassa, ja siten kriittisiä tilanarvion kannalta. Myös muut suoriin rehevöitymisvaikutuksiin kuuluvat indikaattorit saivat ajoittain heikkoja luokituksia (Kuvio 6, Liite 2).

Perämeren vesimuodostumissa rehevyyden kokonaistila parantui yleensä heikoimmista arvoista (Kuvio 5). Hailuodosta Kuivaniemelle ulottuvassa ulkosaariston vesimuodostumassa (4_Pu_040) kokonaistila kuitenkin heikentyi 2000-luvun puolivälistä lähtien, eikä tämä selity muutoksilla paineissa. Perämerellä rehevöitymistilan huippujen taustalla olivat korkeat pohjaeläinindikaattorin arvot (Kuvio 6), joihin vaikuttaa Perämeren vähälajisissa pohjaeläinyhteisöissä yksittäisten lajien runsausvaihtelut. Pohjaeläinindikaattorina käytetty BBI-indeksi perustuu menetelmään, jonka on jo aiemmin todettu olevan herkkä pohjaeläimistön luonnolliselle vaihtelulle ja johtavan heikkoon tilanarvioon Pohjanlahden pohjoisimmissa osassa (Blomqvist & Leonardsson 2016), ja kaipa tällasilla alueilla tarkistusta. Korkeimpien pohjaeläinindeksin arvojen lisäksi heikkoon tilaluokitukseen Perämerellä vaikutti eniten korkeat klorofylli-indikaattorin arvot.

Suuressa osassa Selkämeren ja Merenkurkun vesimuodostumissa rehevyyden kokonaistilan arvio oli lähellä hyvää tilaa koko seurantajakson ajan, eikä tilassa ole havaittavissa selkeitä muutoksia (Kuvio 5). Eri indikaattorien väliset erot olivat melko pieniä, ja heikoimmassa tilassa oleva indikaattori vaihteli (Kuvio 6). Selkämeren vesimuodostumassa rakkohauruindikaattorin mukaanotto vuonna 2005 näkyi korkeiden arvojen vuoksi hieman kohonneena rehevöitymistila-arviona.

Saaristomerellä ja Suomenlahdella rehevyyden kokonaistila heikentyi seurantajakson aikana useassa vesimuodostumassa (Kuvio 5). Itäisellä Suomenlahdella rehevyyden kokonaistila kuitenkin parantui 2000-luvulla, mutta on edelleen kaukana hyvästä tilasta. Suomenlahden ulkosaaristossa voimakkaimmat rehevöitymispiekit liittyvät korkeisiin BBI-arvoihin, jotka todennäköisesti heijastavat hapettomien pohjien vaikutusta pohjaeläimiin (Kuvio 6). Heikkoon tilaan vaikuttivat voimakkaasti myös korkeat klorofylli-indikaattorin arvot. Saaristomerellä tilaa määrasivät klorofylli- ja makrofyytti-indikaattorit sekä osassa vesimuodostumista myös näkösyvyys.

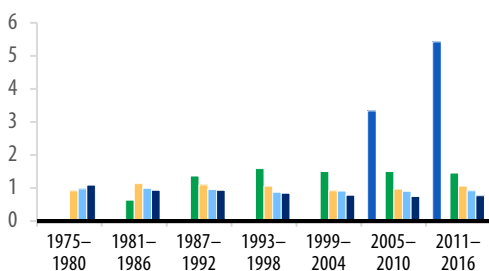
Kuvio 5. Rehevöitymisen kokonaisarviot valituissa rannikon vesimuodostumissa 6-vuotisjaksoina 1975–2016. Rehevyyssarviot on laskettu suhdelukuna (ER; Eutrophication Ratio), jossa suhdeluku <1 tarkoittaa hyvää tilaa. Huomaa katkaistut akselit kuvissa 2_Su_010 ja 2_Ss_027. Lähde: Korpinen ym. 2018.



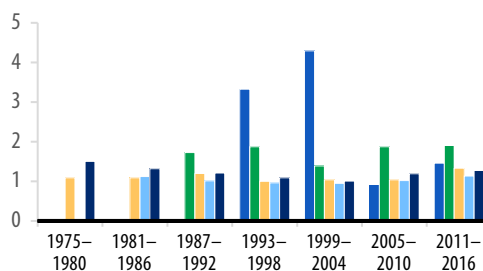
Kuvio 6. Rehevöytymisindikaattorien tila 6-vuotisjaksoina 1975–2016 valituissa rannikon vesimuodostumissa. Rehevyyden arviot on laskettu suhdelukuna (ER; Eutrophication Ratio), jossa suhdeluku <1 tarkoittaa hyvää tilaa. Kuvaajia useammasta vesimuodostumasta on esitetty liitteessä 2.

Perämeri

Hailuoto–Kuivaniemi, 4_Pu_040

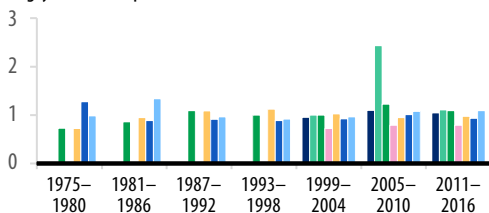


Oulun edusta, 4_Ps_014

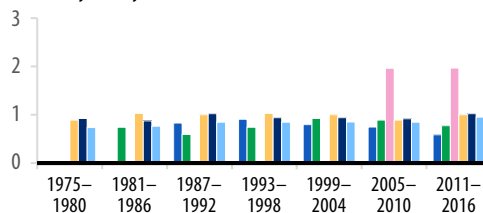


Merenkurkku ja Selkämeri

Utgrynnan–Molpehällorna, 3_Mu_110

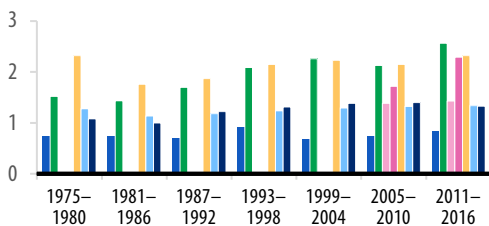


Rauman ja Eurojoen saaristo, 3_Ses_038

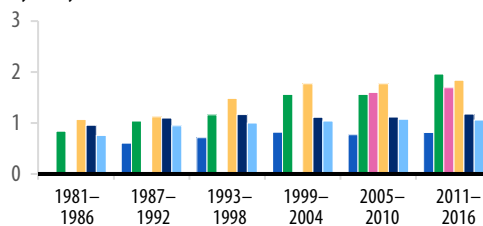


Saaristomeri

Hankoniemi, 2_Lu_020

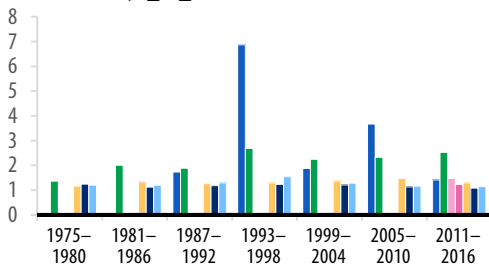


Rymättylän Houtskarlin välinen saaristo, 3_Lv_006

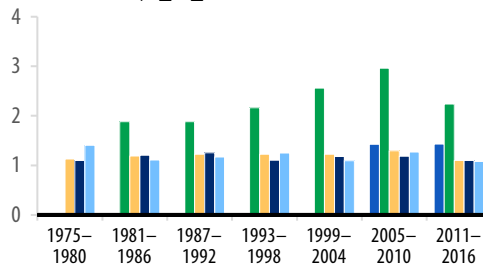


Suomenlahti

Loviisa–Porvoo, 2_Su_030



Porvoo–Helsinki, 2_Su_040



TOTN TOTP Kpl biomassa Chl Rakkohauru avoin Rakkohauru suojainen Secchi BBI

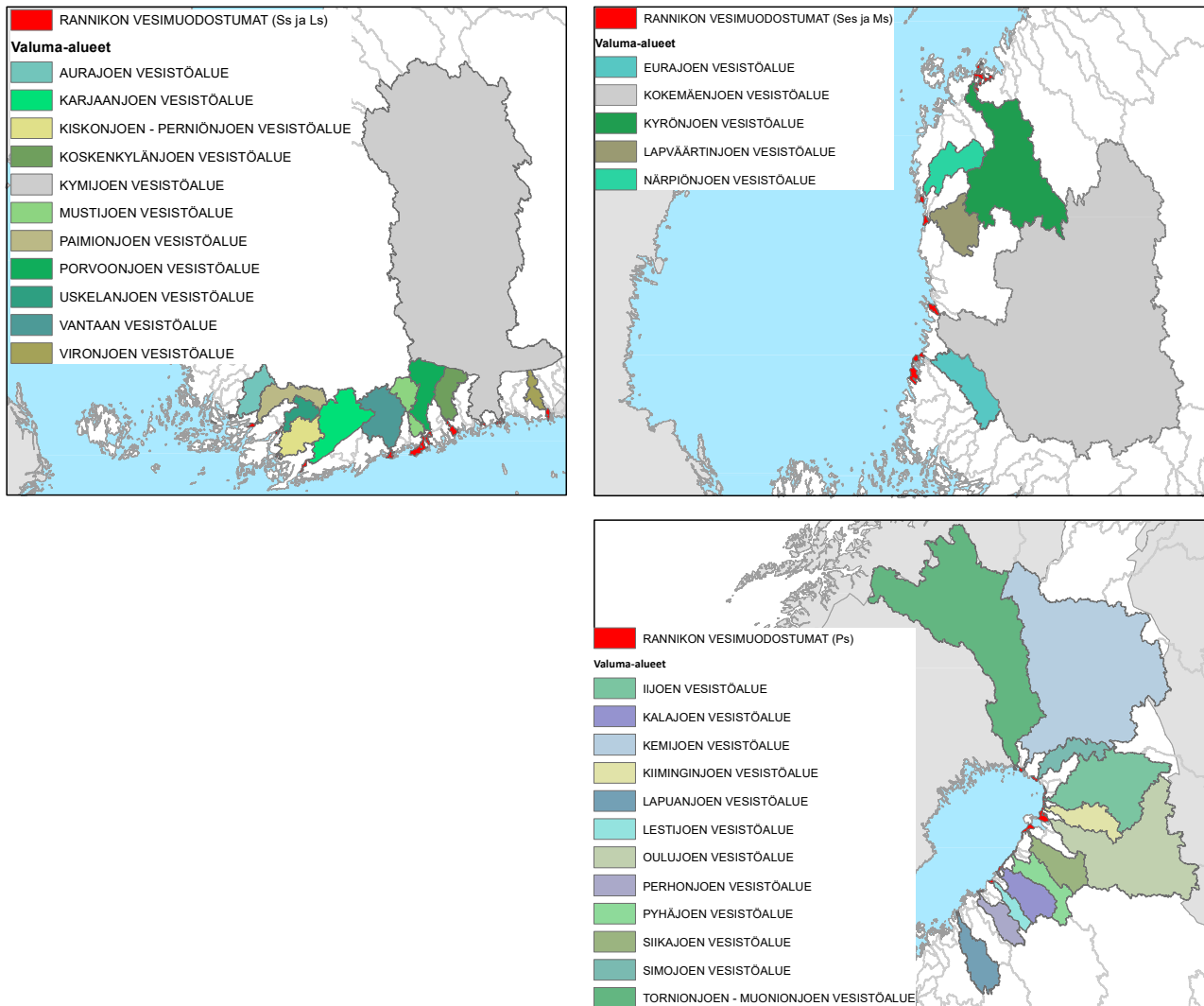
2.5 Yhteneväisyydet ja ristiriidat historiallisen kuormitus- ja tilakehityksen välillä

Seurantaaineiston tilastollisen tarkastelun perusteella Suomen jokien ravinnekuormitus Itämereen ei ole huomattavasti laskenut vuodesta 1995 vuoteen 2016 vähennystoimenpiteistä huolimatta (Räike ym. 2020). Ravinteiden pistekuormitus on vähentynyt jo aiemmillä vuosikymmenillä (Räike ym. 2003), mutta hajakuormituksen vähentäminen erityisesti maatalousmailta on ollut haastavaa. Lisäksi mm. ilmastonmuutoksen aiheuttamat muutokset lämpötilassa ja sademäärässä, metsäojitukset ja orgaanisten maiden viljelyn lisääntyminen ovat lisänneet kuormitusta (Räike ym. 2020).

Valuma-alueen kuormitusmallin perusteella fosfori- ja typpikuormituksessa on ollut laskeva suuntaus aikavälillä 1995–2019, kun tarkastellaan Suomen merialueille tulevaa kokonaiskuormitusta. Laskeva suuntaus johtuu pääasiassa pistekuormituksesta, joka vähentyi suhteellisesti enemmän kuin hajakuormitus, eikä fosforin hajakuormituksessa toistaiseksi havaittu laskevaa suuntausta. Kuormituksen kehitys kuitenkin vaihteli huomattavasti eri merialueilla. Suomenlahdella ja Saaristomerellä sekä fosforin että typen pistekuormitus vähentyi selvästi, mikä näkyy myös kokonaiskuormituksen vähenemisenä, lukuun ottamatta Saaristomereen tulevaa fosforikuormitusta. Saaristomereen tuleva hajakuormitus ei vähentynyt, mutta Suomenlahdella typen hajakuormituksessa oli laskeva suuntaus. Selkämeren fosforin kokonaiskuormitus laski, mikä johtuu pistekuormituksen pienenemisestä, mutta hajakuormitus ei sen sijaan vähentynyt. Merenkurkkuun tuleva fosforikuormitus ei muuttunut, mutta typpikuormituksessa oli lievä laskeva suuntaus. Perämerellä fosforikuormitus oli lievässä laskusuunnassa, mikä johtuu ainakin osittain pistekuormituksen ja metsien lannoituksen vähenemisestä (Finér ym. 2020). Valuma-aluemallin mukaan Perämerellä typen hajakuormitus laski lievästi, mutta typen kokonaiskuormituksessa ei tapahtunut muutosta. Jokien ainevirtaamaseurannan ja MetsäVesi-hankkeen tulokset kuitenkin osoittivat, että turvemailta vesistöihin päätyvä typpikuorma on kasvanut ja siten myös Perämereen tuleva typpivirtaama on kääntymässä kasvuun (Finér ym. 2020, Räike ym. 2020).

Mahdolliset muutokset kuormituksessa eivät helposti näy merkitsevinä tuloksina trendianalyseissä, johtuen suuresta vuosien välisestä hajonnasta. Jokien ravinnekuormituksen mahdollisia muutoksia eri merialueilla tarkasteltiin seurannassa olevien jokien (pois lukien Vuoksi, jonka vedet laskevat Laatokkaan) pitkäaikaisaineistojen (1995–2019) visuaalisella tarkastelulla. Rannikon rehevöitymistilan vastetta jokien ravinnekuormitukseen selvitetiin vertaamalla jokikuormituksen muutoksia jokisuiden läheisten rannikon seurantapaikkojen kokonaisravinne- ja klorofyllipitoisuuksien sekä näkösyvyyden pitkäaikaismuutoksiin (Kuvio 7).

Kuvio 7. Seurantaan kuuluvien jokien valuma-alueet, ja valitut jokisuiden läheiset rannikon vesimuodostumat. A) Suomenlahteen ja Saaristomereen laskeville joille, B) Selkämereen ja Merenkurkkuun ja C) Perämereen laskeville joille.



Useimmissa Suomenlahteen laskevissa joissa molempien kokonaisravinteiden (Karjaanjoki, Mustijoki, Porvoonjoki ja Vantaanjoki) tai kokonaisfosforin (Kymijoki) kuormituksen suunta oli visuaalisen tarkastelun perusteella (joskaan ei tilastollisesti merkitsevästi) laskeva (Taulukko 10, Räike ym. 2020). Tämä arvio on yhtenevä valuma-alueen kuormitusmallin tulosten kanssa (edellinen kappale). Ravinnekuormituksen laskeva suuntaus näkyi laskevin kokonaisravinteiden ja klorofyllin pitoisuuksina rannikon vesimuodostumassa Porvoonjoen (Kuvio 8) ja Mustionjoen suulla, kokonaisfosforin pitoisuuden laskuna Kymi-joen edustalla ja kokonaistypen pitoisuuden laskuna Vironjoen edustalla. Kokonaisfosforin

kuorma oli merkittävästi kasvanut Koskenkylänjoessa, mutta tämä ei heijastunut tarkasteltuihin rehevöitymismuuttujiin jokisuun läheisessä rannikon vesimuodostumassa.

Saaristomerellä ei havaittu muutoksia ravinnekuormassa, lukuun ottamatta Kiskonjokea, jonka ravinnekuorma kasvoi visuaalisen tarkastelun perustella. Jokisuiden läheisistä rannikon vesimuodostumista vain kahdessa oli riittävästi aineistoa pitkäaikasimuutosten tarkasteluun. Rehevöitymistä kuvaavissa muuttujissa ei havaittu muutoksia, lukuun ottamatta kokonaistypen pitoisuuden selvää nousua Aurajoen läheisessä rannikon vesimuodostumassa noin vuodesta 2000 alkaen. Saaristomeren ulkosaaristossa on aiemmin havaittu kokonaisfosforin pitoisuuksien nousseen ja myös nousevia klorofyllipitoisuuksia vuosina 1985–2011 (Fleming-Lehtinen ym. 2014).

Selkämereen laskevista joista kolmessa ravinnekuormitus oli laskusuuntaista (Eura- ja Kokemäenjoki, Lapväärtinjoen fosforikuorma), kun taas Närpiönjoen kuormituksen havaittiin kasvaneen. Närpiönjoen kokonaisfosforin kuormitus kasvoi vuosina 1995–2016 merkittävästi (Räike ym. 2020). Laskeva ravinnekuormitus näkyi laskevana kokonaisravinnepitoisuuksina ja kasvavana näkösyvyytenä vain Kokemäenjoen edustalla. Eurajoen ja Lapväärtinjoen edustalla klorofyllipitoisuudet ovat kasvaneet ja Lapväärtinjoen edustalla myös näkösyvyys on heikentynyt.

Perämerellä kokonaistypen kuorma on ollut kasvusuuntaista kaikissa seurannan joissa lukuun ottamatta Kemijokea ja Tornionjokea (Taulukko 5). Neljässä joessa kasvu oli myös tilastollisesti merkitsevä. Kokonaisfosforin kuorma oli pysynyt ennallaan kahdeksassa joessa, laskenut neljässä joessa ja kasvanut yhdessä (Kiiminginjoessa, kasvu tilastollisesti merkitsevä). Virtauksen suhteen normalisoidun kokonaisfosforin kuormituksen trendit poikkesivat Perämerellä normalisoimattomasta kuormituksesta, ja olivat merkitsevästi laskevia viidessä joessa (Räike ym. 2020). Ravinnekuormituksen muutokset eivät visuaalisessa tarkastelussa yleisesti näkyneet rannikon vesimuodostumien ravinnepitoisuuksissa, osittain myös liian vähäisen aineiston vuoksi. Ainoastaan Oulunjoen suulla ravinne- ja klorofyllipitoisuudet nousivat ja Lapuanjoen ja Oulunjoen suulla näkösyvyys heikentyi (Kuvio 9). Kalajoen edustalla klorofyllipitoisuus laski, todennäköisesti johtuen laskeneesta kokonaisfosforin kuormituksesta. Kokonaisfosforin pitoisuuksien on aiemmin havaittu laskeneen Perämeren ulkosaaristossa vuosina 1985–2011 (Fleming-Lehtinen ym. 2014).

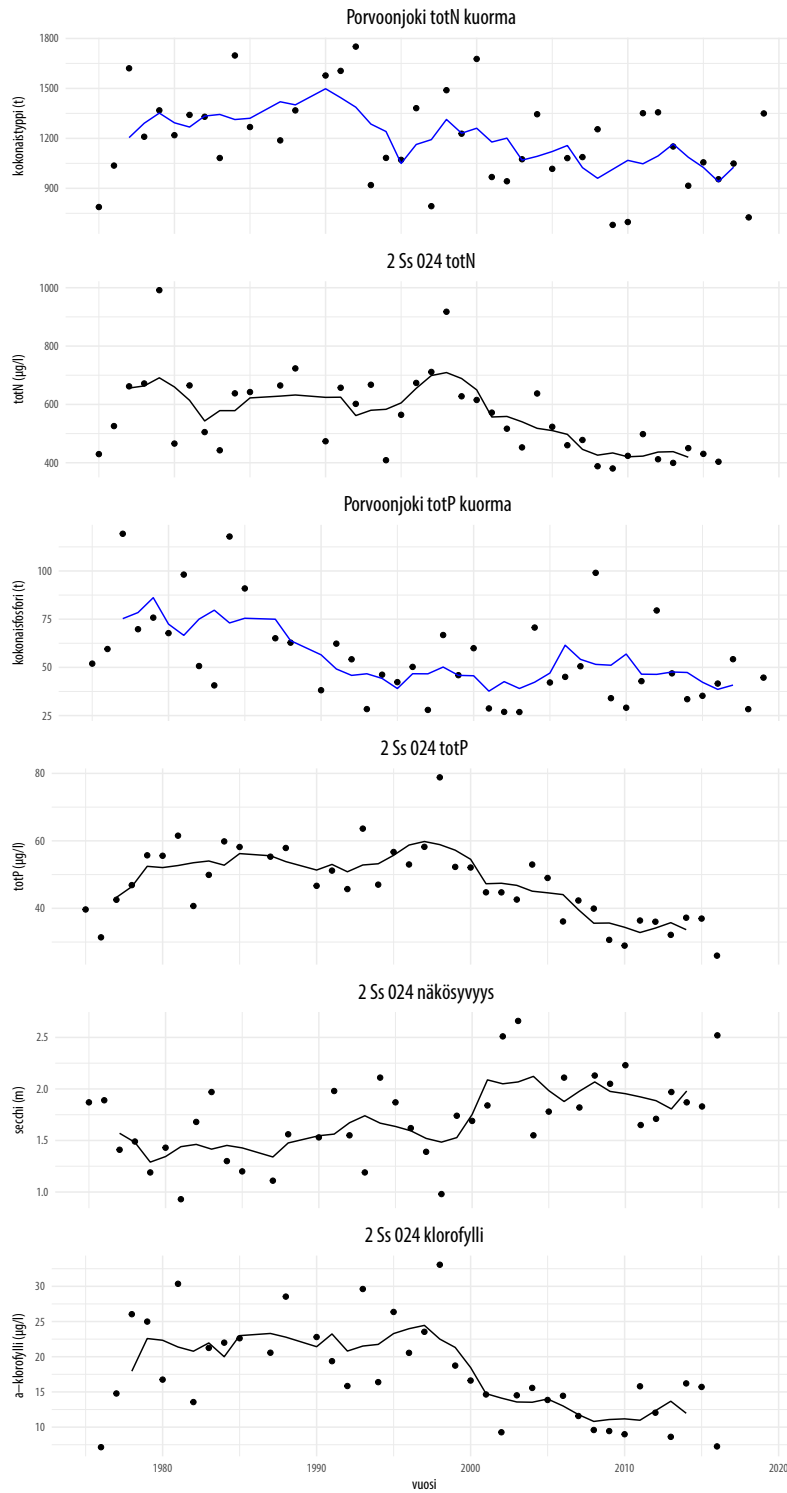
Taulukko 5. Visuaalisella tarkastelulla havaitut pitkäaikaismuutokset seurannassa olevien jokien virtauksen suhteen normalisoimattomassa kokonaistypen (totN) ja fosforin (totP) kuormituksessa sekä jokien edustalla olevien rannikon vesimuodostumien (vm) rehevöitymisindikaattoreissa (totN, ja totP, a-klorofylli (chl-a), näkösyvyys (secchi)) eri merialueilla. Aikasarjojen (1975–2019) visuaalisessa tarkastelussa havaituille trendeille on annettu ajanjaksot sulkeissa. Vain vähintään vuoteen 2005 jatkuvat trendit on esitetty. ↓ = laskeva trendi, ↑ = nouseva trendi, → = ei selkeää trendiä, - = aineiston kattavuus ei riitä analysointiin. Lisääntyvää rehevöitymistä indikoivat muutokset on kuvattu oranssilla ja rehevöitymisen vähenemistä indikoivat muutokset sinisellä. Jokikuormitukseen ravinnevirtaama -tutkimuksesta (Räike ym. 2020) saadut tilastollisesti merkitsevät (Mann-Kendall trendianalyysi, $p < 0.05$) typpi- ja fosforikuormituksen muutokset ajalle 1995–2016 on korostettu. Huomioi että tilastollisesti merkittäviä trendejä lukuun ottamatta tulokset ovat suuntaa antavia.

joki	totN kuorma	totP kuorma	rannikon vm	totN	totP	secchi	chl-a
Suomenlahti							
Vironjoki	→	→	2_Ss_001	↓ (2000–2010)	→	→	-
Kymijoki	→	↓ (1985–2005) ¹	2_Ss_010	→	↓ (1985–2010)	→	→
			2_Ss_014	→	→	→	↑ (1990–2010)
Koskenkylänjoki	↑ (1995–2013)	↑ (1995–2016) ²	2_Ss_020	→	→	→	-
Porvoonjoki	↓ (1990–2019)	↓ (1975–2019)	2_Ss_024	↓ (1997–2010)	↓ (1997–2010)	→	↓ (1997–2010)
Mustijoki	↓ (1996–2019)	↓ (1996–2019)	2_Ss_024	↓ (1997–2010)	↓ (1997–2010)	→	↓ (1997–2010)
Vantaanjoki	↓	↓ ¹	2_Ss_027	→	→	→	→
Karjaanjoki	↓ (1990–2019)	↓ (1990–2019)	2_Ls_009	→	→	→	→
Saaristomeri							
Kiskonjoki	↑ (1993–2008)	↑ (1993–2008)	3_Ls_031	-	-	-	-
Uskelanjoki	→	→	3_Ls_025	-	-	-	-
Paimionjoki	→	→	3_Ls_019	→	→	→	→
Aurajoki	→	→	3_Ls_015	↑ (2000–2015)	→	→	→
Selkämeri							
Eurajoki	↓	↓ (2000–2019)	3_Ses_038	→	→	→	↑ (1985–2015)
Kokemäenjoki	↓ (2006–2019)	↓ (1985–2019)	3_Ses_034	↓ (2005–2016)	↓ (1980–2016)	↑ (1985–2016)	→
Lapväärtinjoki	→	↓ (1985–2019)	3_Ses_021	-	-	↓ (2000–2015)	↑ (2000–2010)
Närpiönjoki	↑ (1995–2019)	↑ (1995–2016) ²	3_Ses_016	-	-	-	-
Merenkurkku							
Kyrönjoki	↑ (1975–2015)	↓ (1980–2005)	3_Ms_011	→	↓ (1990–2005)	→	↑ (1990–2015)
Perämeri							
Lapuanjoki	↑ (1975–2015)	→	3_Ps_029	→	→	↓ (1995–2015)	→
Perhonjoki	↑ (1995–2016)	→ ¹	3_Ps_024	→	→	→	-
Lestijoki	↑ (1975–2015)	↓ (1995–2005) ¹	3_Ps_022	-	-	-	-
Kalajoki	↑ (1995–2015)	↓ (1990–2015) ¹	4_Ps_002	→	→	→	↓ (1985–2015)
Pyhäjoki	↑ (1975–2015)	→	4_Ps_003	-	-	-	-
Siikajoki	↑ (1995–2016)	→ ¹	4_Ps_007	-	-	-	-
Oulujoki	↑ (1995–2016) ²	→	4_Ps_014	↑ (2000–2016)	↑ (2003–2016)	↑ (2003–2016)	↑ (1995–2016)
Kiiminginjoki	↑ (2001–2016)	↑ (1995–2016)	4_Ps_015	-	-	-	-
Iijoki	↑ (2001–2017)	→	4_Ps_016	-	-	-	-
Simojoki	↑	→	5_Ps_001	→	→	→	→
Kemijoki	→	↓ (1980–2005) ¹	5_Ps_004	→	↓ (1985–2005)	-	-
Tornionjoki	→	→	6_Ps_002	-	→	→	→

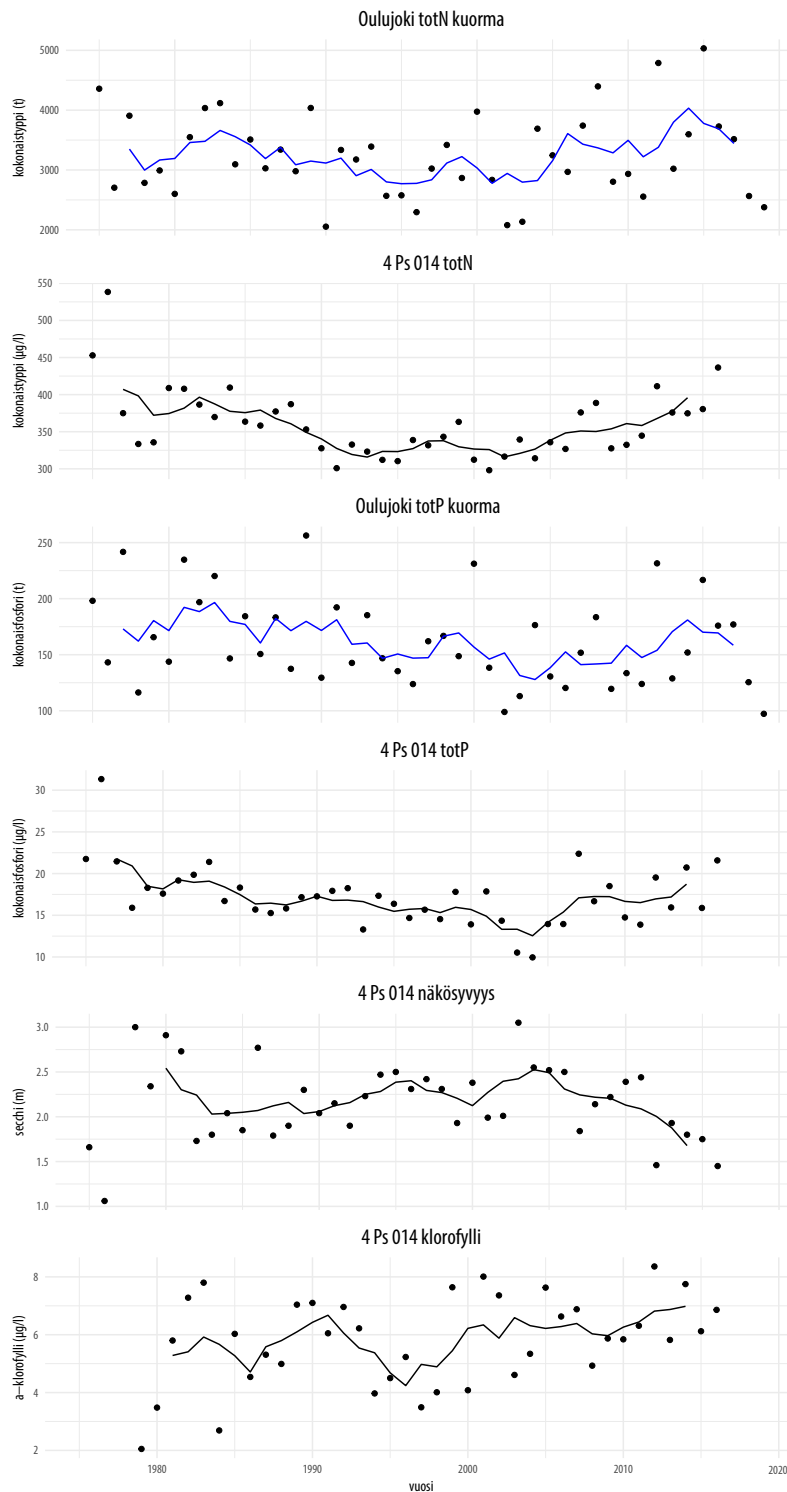
¹ Virtauksen suhteen normalisoitu kuormitus laskenut merkitsevästi 1995–2016 (Räike ym. 2020)

² Virtauksen suhteen normalisoitu kuormitus kasvanut merkitsevästi 1995–2016 (Räike ym. 2020)

Kuvio 8. Pitkäaikaismuutokset Porvoonjoen kokonaistypen ja -fosforin kuormituksessa, sekä kokonaistypen ja -fosforin ja a-klorofyllin pitoisuudessa ja näkösyvyudessa (secchi) Porvoonjoen suun läheisellä rannikon vesimuodostumassa (2_Ss_024).



Kuvio 9. Pitkääikaismuutokset Oulujoen kokonaistypen ja -fosforin kuormituksessa, sekä kokonaistypen ja -fosforin ja a-klorofyllin pitoisuudessa ja näkösyvyydessä (secchi) Oulujoen suun läheisellä rannikon vesimuodostumassa (2_Ss_024).

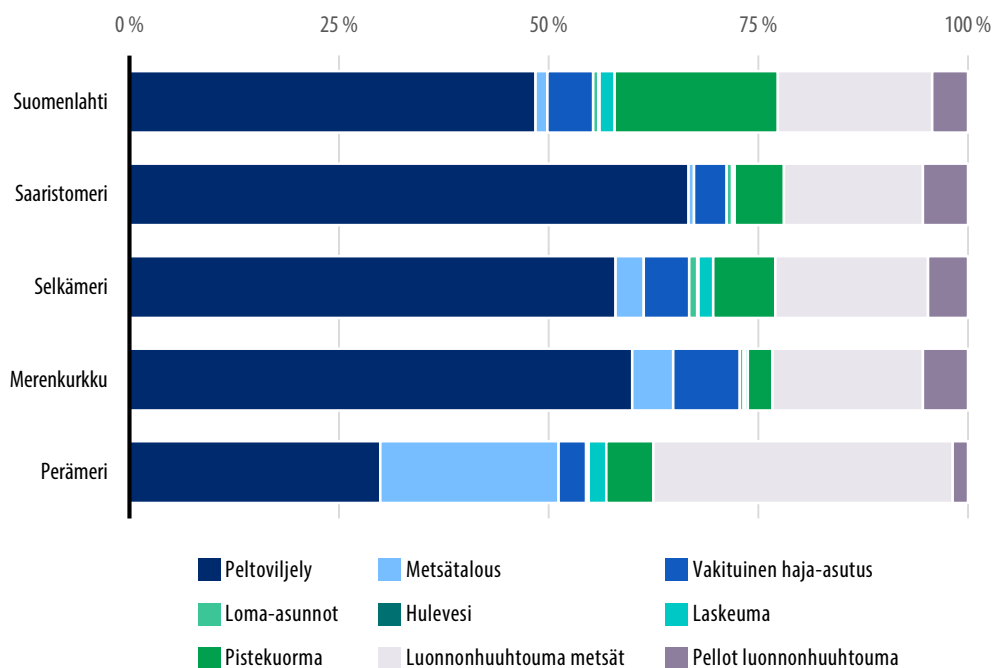


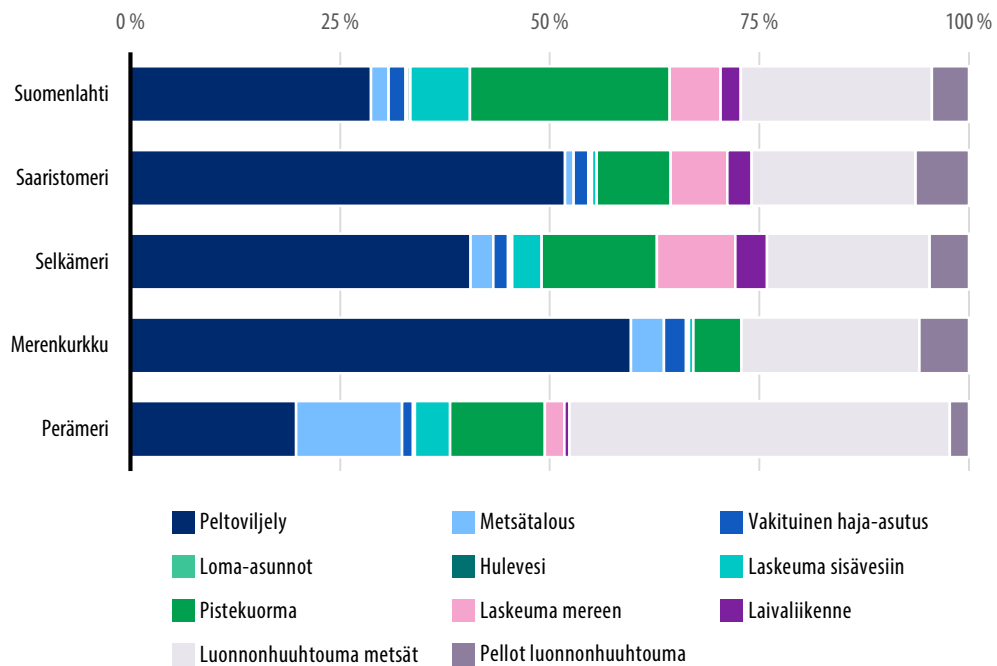
2.6 Ihmistoiminnan osuus kuormituksesta

Suomesta päätyi vuosina 2010–2019 Itämereen keskimäärin 3 400 tonnia fosforia ja 81 000 tonnia typpeä vuodessa, perustuen valuma-alueen kuormitusmallin (VEMALA) tuloksiin. Näistä ravinteista osa on peräisin ihmisen toiminnasta ja osa on luonnonhuuhtoumaa. Luotettavan arvion tekeminen luonnonhuuhtouman ja ihmistoiminnasta aiheutuvan kuormituksen keskinäisistä osuuksista on haasteellista, koska ravinnehuuhtoutumien arviointiin tarvittavia luonnontilaisia seuranta-alueita on vaikea löytää etenkin eteläisestä Suomesta. Tämän hetkisten arvioiden mukaan 50–75 % fosfori- ja typpikuormituksesta aiheutuu ihmistoiminnasta. Ihmisen osuus kokonaiskuormituksesta vaihtelee merialueittain. Selvästi pienin (50–60 %) se on Perämerellä ja vastaavasti luonnonhuuhtouma on siellä suurin (Kuviot 10–11). Metsätalouden osuus kokonaiskuormituksesta on uusien laskelmien mukaan aiempia arvioita suurempi erityisesti Perämeren valuma-alueella (Finér ym. 2020).

Kuvio 10. Fosforikuormituksen jakautuminen eri lähteisiin eri merialueilla vuosina 2010–2019.

Fosforikuormitus 2010–2019



Kuvio 11. Typpikuormituksen jakautuminen eri kuormituslähteisiin eri merialueilla vuosina 2010–2019.**Typpikuormitus 2010–2019**

3 Miten valuma-alueen toimenpiteet vaikuttavat rannikkovesiin?

3.1 Kuormitus

Merialueiden ravinnekuormitusta tarkasteltiin skenaarioina vuoteen 2050 saakka, valuma-alueen kuormitusmallia (VEMALA) hyödyntäen. Skenaarioissa tarkasteltiin kolmea eri ilmastoskenaariota ja kahta kuormitusvaihtoehtoa maataloudelle. Ilmastoskenaarioissa tarkasteltiin yhdellä ilmastomallilla (HadGEM2) kolmella eri ilmastopäästöskenaariolla (RCP 2.6 = merkittävät, 4.5 = kohtalaiset ja 8.5 = vähäiset ilmastopäästövähennykset) laskettuja tulevaisuusskenaarioita. Maatalouden kuormitusvaihtoehtoina tarkasteltiin skenaarioita, joissa maatalous jatkuu nykyisenkaltaisena tai otetaan laajamittaisesti käyttöön kuormitusta vähentäviä toimenpiteitä. Nämä toimenpiteet ovat kipsikäsittely, tarkennettu lannoitus, talviaikainen kasvipeitteisyys, kerääjäkasvit ja lannan käyttö ravinnetarpeen mukaan ja tarvittaessa lannan prosessointi. Skenaarioissa pistekuormitus, laskeuma ja haja-asutuksen kuorma pysyvät nykytasolla. Metsätalouden ja hulevesien kuorma ja luonnonhuuhtouma muuttuvat ainoastaan valunnan muutosten mukaisesti.

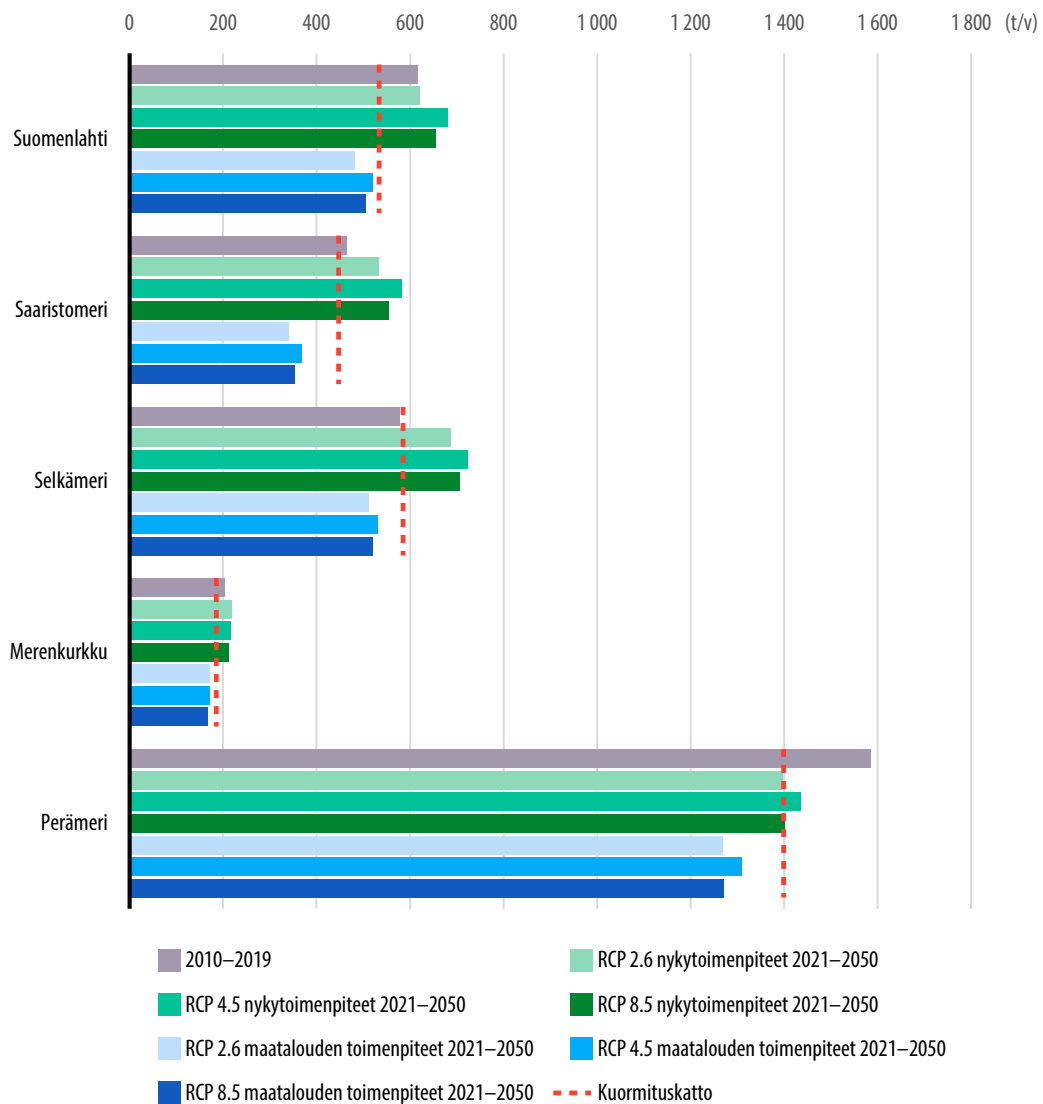
Ravinnekuormituksen ja rehevöitymisen vähentämiselle on asetettu ympäristötavoitteet. Yleinen ympäristötavoite (RAVyleinen) ilmaisee kuormituskaton eli sen kuormitustason, jota hyvän tilan saavuttamiseksi ei saa ylittää. Kuormituskatot on määritelty erikseen kullekin merialueelle ja Suomen koko merialueelle (Taulukot 6–7). Vaikka kuormituskatot on määritelty useiden vuosien kuormitustietojen perusteella, on myöhemmin todettu, että kuormituskattoihin sisältyy huomattavaa epävarmuutta. Tämä johtuu siitä, että määrittelyjakson sääolot olivat epätyypilliset, mikä vaikutti hajakuormituksen määrään huomattavasti. Rannikkovesien ravinnekuormituskattojen lisäksi on HELCOMin määrittelemät Itämeren avomerta koskevat ravinnekuormituksen maakohtaiset kuormituskatot, jotka määritettiin käyttäen referenssinä vuosien 1997–2003 kuormitusta. Fosforin osalta Suomen kuormituskatto on 3250 t/v ja typen kuormituskatto 87 000 t/v sisältäen Suomesta Itämereen tulevan typpilaskeuman. Suomen vähennystavoitteet on kohdennettu Suomenlahden kuormitukseen, mutta myöskään muilla merialueilla ei kuormitus saa nousta vertailujakson kuormitusta suuremmaksi. Kuormituskattoja päivitetään parhaillaan (vuonna 2021) johtuen datassa tapahtuneista muutoksista.

Kuvioissa 12 ja 13 on esitetty fosfori- ja typpikuormitus merialueittain nykytilassa ja skenaarioissa verrattuna merialueiden kuormituskattoon. Huomion arvoista on, että eri ilmastomuutoskenariot eivät lisää lineaarisesti ravinnekuormitusta lämpötilan nousun myötä.

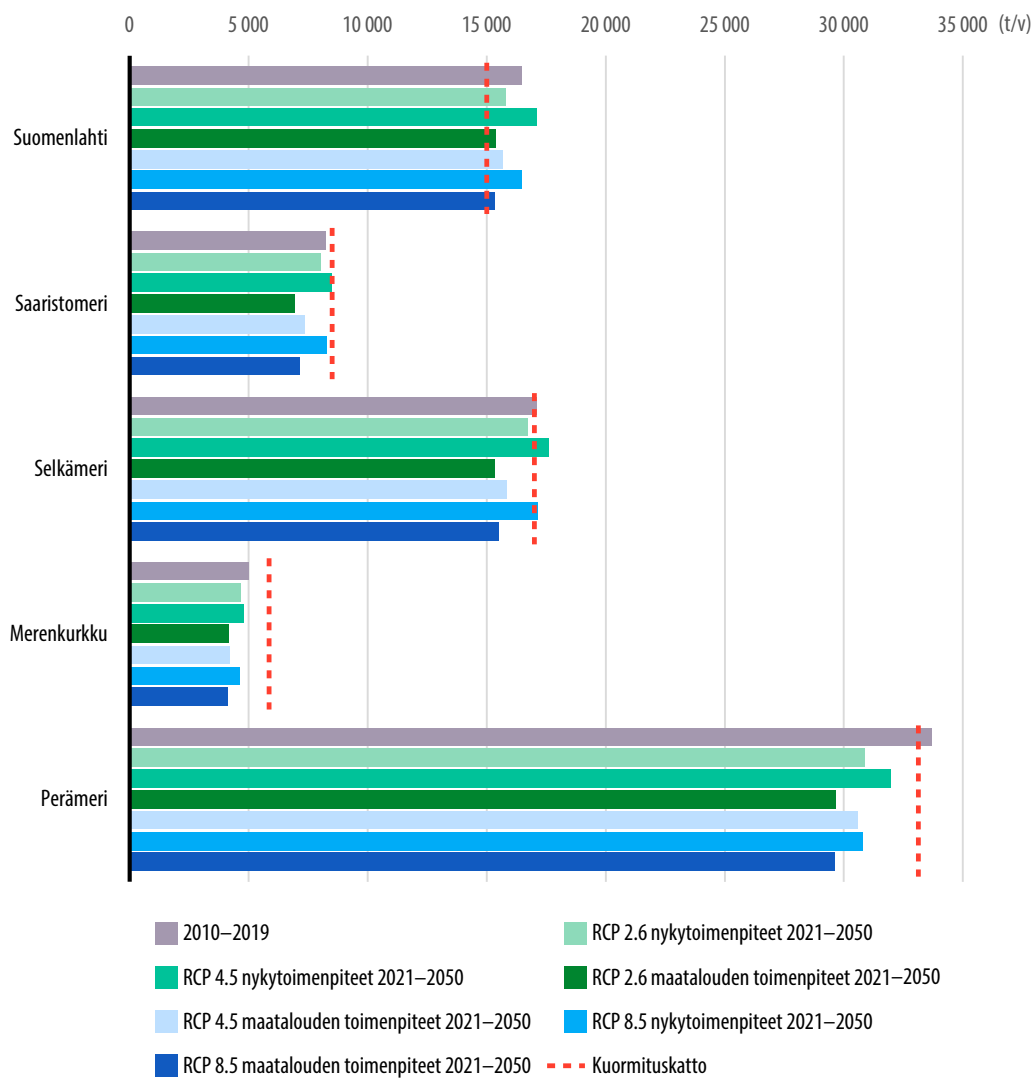
Tähän vaikuttaa mm. sadannassa ja haihdunnassa tapahtuvat muutokset sekä tyvellä denitrifikaation lisääntyminen lämpimämmässä ilmastossa. Maatalouden toimenpideskenaariossa kipsikäsittely toteutetaan kaikilla pelloilla, joiden valuma-alueella ei ole järviä tai runsaasti eloperäisiä maalajeja, minkä lisäksi otetaan käyttöön tarkennettu lannoitus ja lietteen sijoitus, maksimimäärä talviaikaista kasvipeitteisyyttä sekä kerääjäkasveja. Nykytoimenpiteet tarkoittavat, että maataloudessa lannoitusmäärät, lannan käyttö ja muokausmenetelmät säilyvät nykyisenkaltaisena.

Nykytoimenpiteillä jatkettaessa fosforikuormitus ylittää tavoitekuormituksen lähes kaikilla merialueilla ja skenaarioilla (kuvio 12). Kuormituskatto on mahdollista saavuttaa, mikäli maatalouden toimenpiteet toteutetaan kaikessa laajuudessaan, kipsikäsittely mukaanlukien. Skenaarion perusteella typen kuormituskatto on helpompi saavuttaa; merkittävää typpikuormituksen vähennystarvetta on ainoastaan Suomenlahden alueella (kuvio 13). Kipsikäsittelystä on kuitenkin huomioitava, että sillä ei saavuteta pysyvää kuormitusvähennystä – onkin tärkeä toteuttaa toimenpiteitä, joilla kuormitus saadaan pysyvästi tavoitetasolle. Kipsikäsittelyä ei voida käyttää järvien valuma-alueilla. Sisävesien hyvän tilan saavuttaminen edellyttää merkittävää fosforin kuormituksen vähentämistä myös järvien valuma-alueilla.

Kuvio 12. Fosforin merialueittainen tavoitekuorma (punainen katkoviiva), vuosien 2010–2019 keskimääräinen kuormitus (t/v) sekä eri skenaarioiden mukainen kuormituskehitys vuoteen 2050 (nykytoimenpiteet ja lisätyt maatalouden toimenpiteet). Ilmastomuutoskkenaariot: RCP2.6 alhainen ilmastomuutoskkenaario, RCP4.5 keskimääräinen ilmastomuutoskkenaario, RCP8.5 voimakas ilmastomuutoskkenaario.



Kuvio 13. Typen merialueittainen tavoitekuorma (punainen katkoviiva), vuosien 2010–2019 keskimääräinen kuormitus (t/v) sekä eri skenaarioiden (nykytoimenpiteet ja maatalouden lisätyt toimenpiteet) mukainen kuormituskehitys vuoteen 2050. Ilmastomuutosskenaarioiden selitykset: RCP2.6 alhainen ilmastomuutosskenaario, RCP4.5 keskimääräinen ilmastomuutosskenaario, RCP8.5 voimakas ilmastomuutosskenaario.

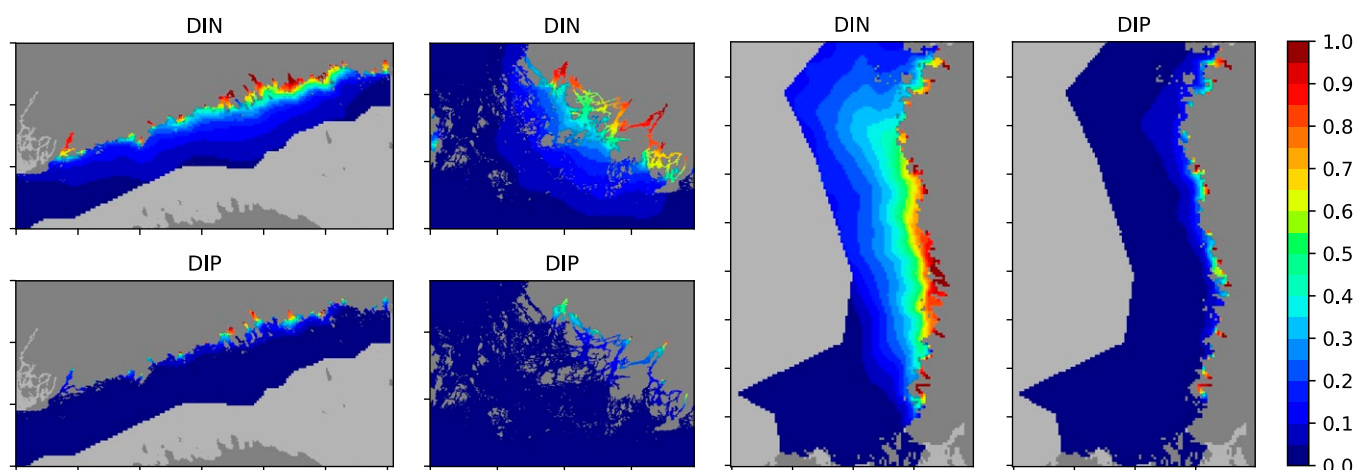


3.2 Ravinteet ja levämäärä päällysvedessä

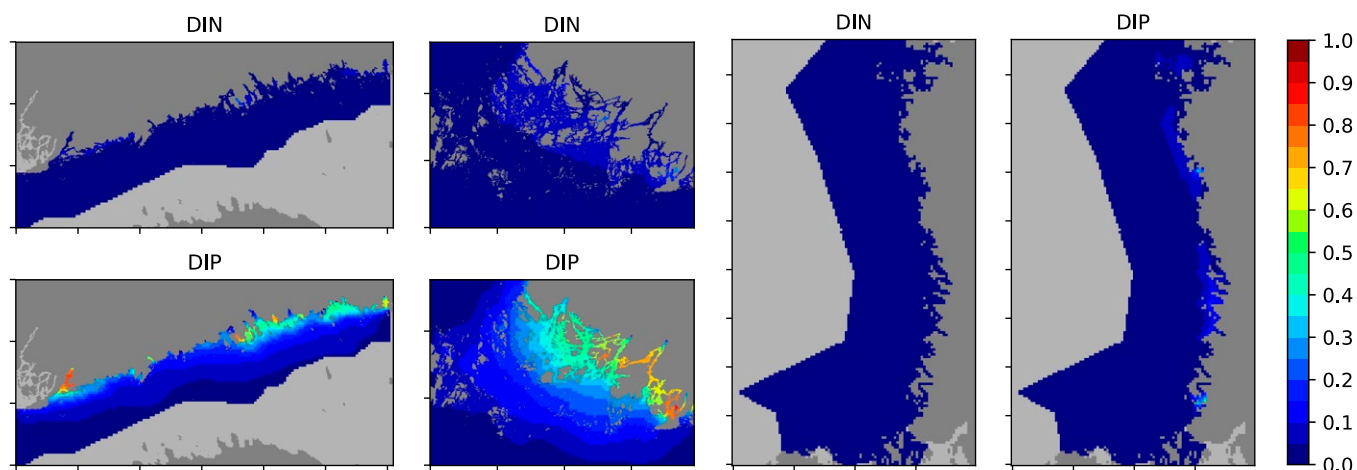
3.2.1 Valuma-alueen ja sisäisen kuormituksen osuudet kokonaiskuormituksesta

Valuma-alueelta tulevan kuormituksen vaikutusalueen laajuus vaihtelee jokien koon, suurten jokisuiden sijainnin ja rannikon monimuotoisuuden mukaisesti. Kuviossa 14 on esitetty rannikkomallilla lasketun valuma-alueelta tulevan epäorgaanisen ravinnekuormituksen suhteellinen osuus koko tämän hetkiselä mallialueella (talousvyöhyke lukuun ottamatta Merenkurkkua ja Perämera). Valuma-alueen kuormitus, erityisesti leville käyttökelpoisen tpen (DIN) kuormitus, kohdistuu pääosin vain rajoitetulle vyöhykkeelle. Leville käyttökelpoisen fosforin (DIP) kuormituksen osalta merenpohjaan varastoituneen fosforin palautuminen yläpuoliseen vesimassaan vähähappisissa oloissa on puolestaan merkittävää (Kuvio 15). Rannikkovesien rehevöitymisen hallinnan kannalta on siten myös tärkeää selvittää hapettomuuden ja sisäisen kuormituksen syntymekanismit, jotka liittyvät kuormituksen aiheuttamaan eloperäisen aineksen laskeutumiseen pohjalle. Sisäisen fosforikuormituksen pääalueet sijaitsevat jonkin verran jokisuiden ulkopuolella, mutta jokien tuoman liuenneen typpikuormituksen vaikutusalueella.

Kuvio 14. Valuma-alueen suhteellinen osuus liuenneista ravinteista (DIN ja DIP) nykytilanteessa: pintakerros (0–10 m) huhti-elokuussa (Valuma-alueen osuus kaikesta kuormituksesta = VEMALA-kuormitus/VEMALA-kuormitus+pistekuormitus+avomerikuormitus+sisäinen kuormitus).



Kuvio 15. Sisäisen kuormituksen suhteellinen osuus liuenneista ravinteista (DIN ja DIP) nykytilanteessa: pintakerros (0–10 m) huhti-elokuussa (sisäisen kuormituksen osuus kaikesta kuormituksesta = sisäinen kuormitus/ VEMALA-kuormitus + pistekuormitus + avomerikuormitus + sisäinen kuormitus).



3.2.2 Nykytila: Kuormituslähteiden suhteelliset osuudet vesimuodostumien kokonaiskuormituksesta

Liuenneiden pääravinteiden, typen ja fosforin, kuormituslähteiden suhteelliset osuudet laskettiin vertaamalla valuma-alueen kuormituksen, pohjasedimentistä tulevan sisäisen kuormituksen sekä avomereltä tulevan kuormituksen ja pistekuormittajien ravinnekuormituksia vesimuodostuman kokonaiskuormitukseen. Arviointi tehtiin rannikkomallilla huhti-elokuun ravinnevirroista. Taulukossa 6 on esitetty tulokset eri merialueiden vesimuodostumatyyppin mukaisesti.

Vesimuodostumatasolla pistekuormituksen osuus on kohtuullisen pientä sisäsaaristo lukuun ottamatta ja avomereltä tuleva kuormitus on yleisesti suurta ulkosaaristossa. Sisäisen typpikuormituksen osuus on yleisesti pieni, kuten myös ulkosaaristoon valuma-alueelta tulevan fosforikuormituksen. Näitä hyvin loogisia yleispiirteitä lukuun ottamatta tyyppien sisäinen vaihtelu on suurta. Tyyppejä pitääkin tarkastella myös vesimuodostumakohtaisesti (Liite 1).

Taulukko 6. Liuenneiden ravinteiden (DIN = typpi ja DIP = fosfori) suhteelliset osuudet (%) kokonaiskuormituksesta eri merialueiden vesimuodostumatyypeissä. Selvästi dominoiva kuormituslähde (arvot >50 %) on korostettu keltaisella. Eri kuormituslähteiden osuus kaikissa rannikon vesimuodostumissa on esitetty liitteessä 1.

Merialue	Tyyppi	Valuma-alue		Sisäinen		Avomeri		Piste	
		DIN	DIP	DIN	DIP	DIN	DIP	DIN	DIP
Suomenlahti	Lounainen sisäsaaristo	12,9–88,4	1,4–28,0	3,0–8,2	19,3–80,8	0,4–74,0	0,8–77,6	<0,1–9,4	<0,1–0,3
	Lounainen ulkosaaristo	5,8–13,6	0,6–2,3	2,2–3,7	8,3–16,4	75,8–85,7	82,3–90,1	0,7–2,5	<0,1–0,2
	Suomenlahden sisäsaaristo	16,4–91,0	2,2–47,8	1,7–10,3	10,3–64,6	5,8–72,5	16,7–85,8	0,3–16,5	<0,1–2,8
	Suomenlahden ulkosaaristo	6,5–18,5	0,8–2,8	1,5–2,1	8,8–12,7	73,9–89,1	83,6–89,0	0,5–3,5	0,1–0,3
Saaristomeri	Lounainen sisäsaaristo	20,1–95,7	1,7–46,0	11,0–16,2	28,8–75,2	0,7–60,2	3,2–67,2	0,1–39,0	<0,1–8,6
	Lounainen välisaaristo	11,2–58,1	1,3–9,9	4,7–7,7	23,7–48,8	27,3–69,8	39,7–73,0	1,2–12,1	0,1–1,1
	Lounainen ulkosaaristo	5,3–19,2	0,7–2,3	2,9–6,3	8,1–24,9	69,2–87,2	71,5–91,0	0,4–3,5	<0,1–1,3
	Ahvenanmaan sisäsaaristo	5,5	0,4	2,9	9,3	69,1	86,6	15,2	2,5
	Ahvenanmaan välisaaristo	1,4–5,2	0,2–0,6	1,9–6,5	6,3–19,2	72,3–80,6	78,1–87,2	4,6–17,5	0,6–2,7
	Ahvenanmaan ulkosaaristo	1,3–7,8	0,1–0,9	1,1–5,4	2,7–19,4	73,5–91,5	77,7–96,5	1,0–9,2	0,1–1,3
Selkämeri	Selkämeren sisemmät rannikkovedet	11,4–99,6	2,9–99,4	<0,1–1,4	<0,1–20,9	<0,1–57,5	0,2–89,7	<0,1–86,5	<0,1–81,9
	Selkämeren ulommat rannikkovedet	14,4–78,1	0,9–43,7	0,2–1,3	1,1–6,2	12,8–77,6	35,6–95,0	0,8–4,7	0,3–2,4

3.2.3 Ero hyvän ekologisen tilan raja-arvoon: Nykytila ja skenaario maatalouden kaikkien toimenpiteiden jälkeen 2027 heinä-elokuussa

Havaintoaineistojen perusteella on laskettu rannikon vesimuodostumien tärkeimmän tilamuuttujan, a-klorofyllin, vähennystarve jakson 2012–2017 perusteella. Vähennystarve on 2012–2017 tilanne suhteessa hyvän ja tyydyttävän pintaveden tilan raja-arvoon (Taulukko 7). Lähes kaikilla vesimuodostumatyypeillä on vähennystarvetta kuten pintavesien nykyinen tilaluokittelukin kertoo. Jokaiselle vesimuodostumalle laskettiin valuma-aluemallin tuottaman jakson 2021–2027 ravinnekuormituksen arvion (maatalouden kaikki potentiaaliset toimenpiteet, ml. kipsin täysimääräinen käyttö) perusteella vuosien 2021–2027 keskimääräinen kesän klorofyllimäärä. Rannikkomallin mukaan kesän klorofyllitaso laskee erityisesti sisäsaaristossa huomattavastikin suhteessa nykytilaan. Hajonta on kuitenkin suurta ja eräissä vesimuodostumissa kesän klorofyllin määrä jopa nousee. Tähän johtaa typpikuormituksen pidättymisen vähentyminen sisäsaaristossa ja rehevöittävän vaikutuksen siirtyminen rannikolta ulompiin vesimuodostumiin kesällä. Jakson 2021–2027 tulokset kertovat kesän klorofyllipitoisuuksien pysyvän edelleen nykyisen kaltaisena, eikä muutosta paremmaksi havaita millään vesimuodostumatyyppillä.

Maatalouden toimenpiteillä saadaan aikaan positiivisia vaikutuksia vaihtelevassa määrin. Parhaat tulokset näkyvät sisäsaaristossa, mutta vaikutusten vaihtelun vuoksi hyvän tilan

saavuttaminen ei kuitenkaan yleisesti ottaen ole lyhyellä tähtämellä mahdollista ja osin vesimuodostumien tila huononee (Taulukko 7). Tähän vaikuttaa voimakkaasti myös kesän valinta tarkastelujaksoksi.

Taulukko 7. Kesän (heinä-elokuun) a-klorofyllin nykyinen vähennystarve hyvän ekologisen tilan raja-arvon saavuttamiseksi nykytilanteessa, ja vähennystarve maatalouden kaikkien vesiensuojelutoimenpiteiden jälkeen vuonna 2027. Arvioitu a-klorofyllin muutos 2021–2027 on annettu prosentteina nykytilasta (negatiivinen arvo ilmaisee tilanteen parantumista). Vähentämistarpeet vesimuodostumittain on esitetty liitteessä 3.

Merialue	Vesityyppi	a-chl vähennys- tarve $\mu\text{g l}^{-1}$ 2012–2017	a-chl muutos 2021–2027 (%)	a-chl vähennys- tarve $\mu\text{g l}^{-1}$ 2027
Suomenlahti	Lounainen sisäsaaristo	1,9–13,9	-2,1–3,6	1,9–14,4
	Lounainen ulkosaaristo	1,7–4,9	-0,1–0,5	1,7–4,9
	Suomenlahden sisäsaaristo	0,4–13,3	-6,7–16,6	0,4–13,7
	Suomenlahden ulkosaaristo	2,1–4,2	-0,9–0	2,1–4,2
Saaristomeri	Lounainen sisäsaaristo	0,7–38,3	-11,4–19,8	1,2–33,6
	Lounainen välisaaristo	1,6–3,7	0,7–3,4	1,6–3,8
	Lounainen ulkosaaristo	0,5–4,9	0,2–2,7	0,5–5,0
Selkämeri	Selkämeren sisemmät rannikkovedet	-0,4–15,2	-58,8–4,4	-0,4–13,5
	Selkämeren ulommat rannikkovedet	0,4–1,8	-3,2–1,9	0,4–1,7

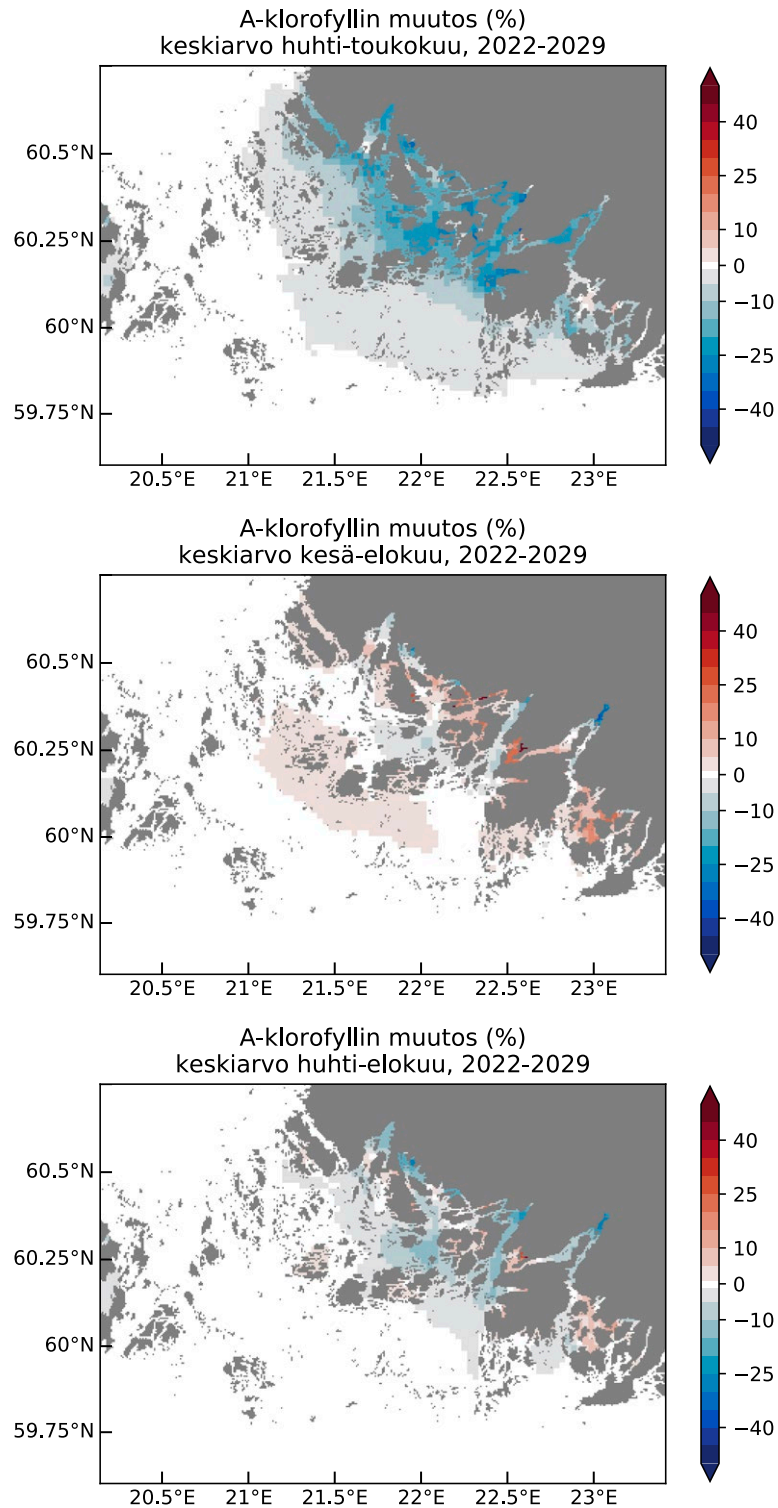
3.2.4 Maatalouden toimenpiteiden vaikutukset lyhyellä aikavälillä

Valuma-alueelta tulevan ravinnekuormituksen vaikutuksen laajuus ja voimakkuus vaihtelee valuman mukaisesti vuodenaikaisesti. Ravinnekuormitus ulottuu laajimmalle alueelle ja on voimakkainta keväällä (huhti-toukokuu). Valuma-alueelta jokivesien mukana tulevien ravinteiden vähenemisen vaikutusalue on myös laajin ja vaikutus voimakkainta keväällä. Tätä kuvaa hyvin Saaristomeren leväbiomassan (a-klorofyllin) lyhyellä aikavälillä tapahtuvan muutoksen mallinnus (Kuvio 16). Kuitenkin leudot, vähälumet ja vesisateiset talvet ovat viimeisen kahden vuosikymmenen aikana yleistyneet eteläisessä Suomessa siirtäen ravinnekuormitushuipun useana vuonna keväästä talveen (Räike ym. 2020).

Maatalouden toimenpiteillä on Saaristomeren sisäsaaristossa huomattava positiivinen vaikutus levien kevätbiomassan vähentäjänä. Vähentämisen taso vaihtelee nolasta n. 30 %iin riippuen jokivesien vaikutuksesta. Ulkosaaristoon ei valuma-alueen toimenpiteillä ole mallinnuksen mukaan edes keväällä suurta vaikutusta. Kevään levähuipun hillintä on kuitenkin ehdottomasti hyvin positiivinen muutos, sillä keväällä tuotettu leväbiomassa laskeutuu suureksi osaksi pohjalle aiheuttaen myös hapen lisäkulutusta pohjan sedimentissä, ja lisäksi siten sisäistä kuormitusta.

Maatalouden toimenpiteillä on kesäkuukausina paljon rajoitetumpi ja pienempi vaikutus. Vaikutus on myös osin negatiivinen eli kesän levämäärää kasvattava. Tämä johtuu valuma-alueelta tulevan typpikuormituksen vaikutuksesta, sillä jokivesien liuennut typpi siirtyy fosforikuormituksen vähentyessä kauemmas saaristoon. Siellä typpipitoinen vesimassa kohtaa joko sisäisen kuormituksen tai avomeren vaikutuksesta käyttökelpoista fosforia sisältävän vesimassan. Kesällä molempien pääravinteiden käyttökelpoinen osuus on Saaristomerellä hyvin lähellä määritysrajaa, mikä kuvaa molempien ravinteiden rehevöittävää vaikutusta.

Kuvio 16. A-klorofyllin muutos nykytilaan verrattuna maatalouden kaikkien toimenpiteiden skenaarion mukaan Saaristomerellä: keväällä, kesällä ja kasvukauden keskiarvona.



3.2.5 Maatalouden toimenpiteiden vaikutukset pitkällä aikavälillä ilmastonmuutosskenaariossa

Selvitimme rannikkovesissä tapahtuvia muutoksia kohtalaisia ilmastopäästövähennyksiä sisältävässä RCP4.5-ilmastoskenaariossa. Itämeren avomerialueen mallinnus on ollut mukana Suomen akatemian VN-TEAS hankkeessa SmartSea, jonka kohdealue on Pohjanlahti. Avomerelle sovellettu RCI-SCOB-mallinnuksen tulokset antavat kuvan ilmastonmuutoksen mallinnuksen nykytilanteesta. Itämeren pohjoisosaa kuvaavat mallit ovat erittäin epävarmoja suolaisuuden muutoksen suhteen. Luotettavaa skenaariota ilmastonmuutoksen vaikutuksesta ei pystytä antamaan. Pintalämpötilan suhteen arvio muutoksesta on pienentynyt aikaisemmista. Käyttämällämme RCP4.5 ilmastonmuutosskenaariolla pintalämpötila nousee keskimäärin 0,17°C/vuosikymmen. Mallissa on kuitenkin suurta epävarmuutta, mikä näkyy pintalämpötilan palautumisen lähes nykyiselle tasolle 20–30 vuoden päästä. Mallinnuksen epävarmuuksien vuoksi suolaisuuden tai pintalämpötilan muutoksen ottaminen mukaan merimallinnukseen on edelleen vaikeaa.

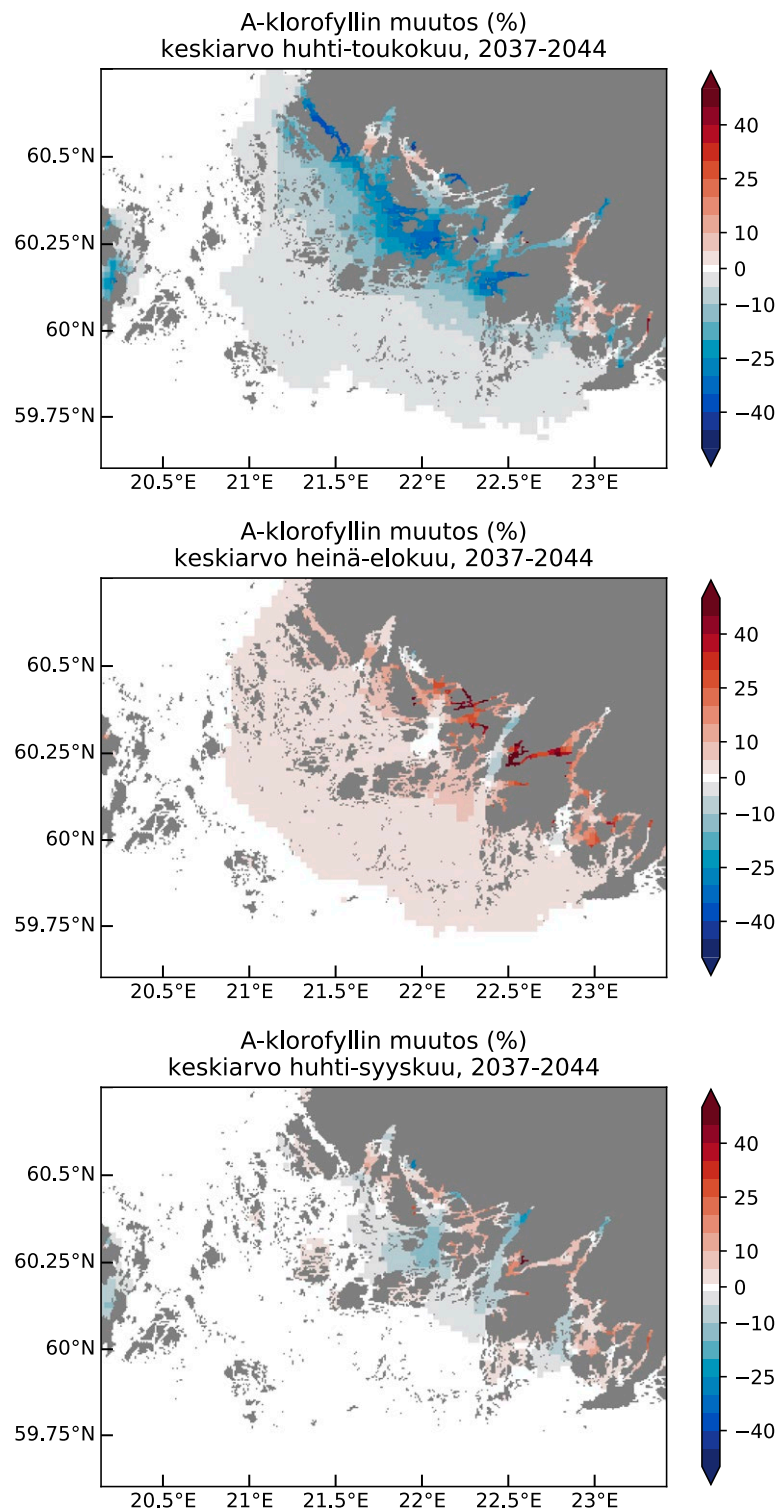
Avomerivaikutuksen osalta nykyiset Itämerimallit odottavat vielä kehittymistä. Suomen läheisistä merialueista Selkämerellä on tapahtunut selvin muutos fosforitaseessa. Selkämeren avomerialueen fosforipitoisuus on kohonnut 2000-luvulla selvästi. Selkämeren avomerialueen RCI-SCOB-mallinnus antaa kuvan mallinnuksen tämän hetkisistä epävarmuuksista. Mallinnus yliarvioi fosfaattipitoisuutta todellisiin mittauksiin verrattuna erityisesti Selkämeren pinta- ja keskikerroksessa, mutta myös syvällä. Malli ei myöskään kuvaa viime aikaista nopeaa muutosta syvässä vesikerroksessa.

Koska sekä avomeren ravinteiden saatavuuden mallinnuksessa että erityisesti ilmastonmuutoksen fysikaalisten vaikutusten mallinnuksessa on suurta epävarmuutta, avomerivaikutuksen arviota eri ilmastonmuutosskenaarioissa ei ole syytä tehdä ennen avomerimallinnuksen parantumista. Samasta syystä nykyiseen FICOS-malliin ei saada ilmastonmuutoksen fysikaalisia vaikutuksia mukaan skenaarioina, sillä rannikkoalueet seuraavat pääosin koko merialueen mallinnettuja muutoksia.

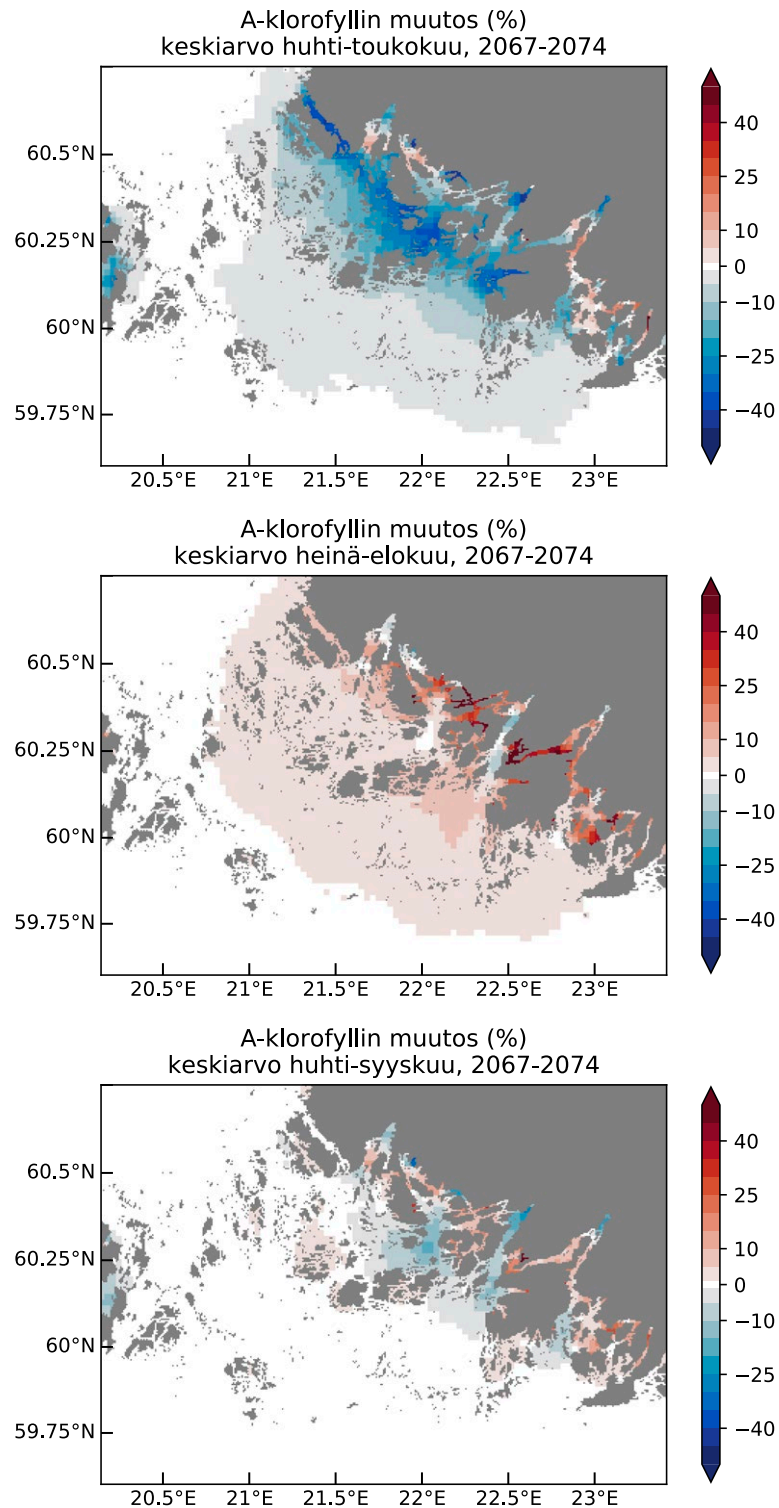
Kuvioissa 17 ja 18 on esitetty maatalouden toimenpiteiden vaikutukset kohtuullisia ilmastopäästövähennyksiä sisältävässä RCP4.5-ilmastonmuutosskenaariossa vuosien 2040 ja 2070 kuormitustasolla Saaristomerellä. Kasvukautta on ilmastonmuutostarkastelussa jatkettu syyskuun loppuun syksyn leväkasvun oletetun lisääntymisen perusteella. Ilmastonmuutos vaikuttaa jonkin verran kuormitukseen. Maatalouden toimenpiteet eivät ole yhtä tehokkaita, mutta ilmastonmuutoksen negatiiviset vaikutukset maatalouden päästöihin jäävät kuitenkin kohtuullisen pieniksi. Kevään muutos säilyy siten pääosin positiivisena. Ilmastonmuutos aiheuttaa kuitenkin muutoksia kesätilanteeseen, jolloin maatalouden toimenpiteistä huolimatta Saaristomerén tila osin heikkenee. Molempien mallinnettujen ajanjaksojen kokonaiskuva on hyvin samanlainen.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset kesätilanteen heikkenemiseen johtuvat kahdesta eri tekijästä. Jokien lähivaikutusalueella kesän kuormitus ei muutu nykyiseen verrattuna, ilmastonmuutoksen vähentäessä maatalouden toimenpiteiden hyötyjä. Kesän negatiiviset muutokset klorofyllin lisääntymisenä ovat yhteydessä typpikuormituksen siirtymiseen ulommas rannikolta. Typen kuormitus vähenee suhteellisesti vähemmän kuin fosforin, mikä johtaa rannikon suodatusvaikutuksen vähenemiseen typen suhteen.

Kuvio 17. Maatalouden toimenpiteiden vaikutus kun ilmastonmuutos huomioidaan: kohtuullisia ilmastopäästövähennyksiä sisältävässä RCP4.5 ilmastoskenaariossa verrattuna nykyiseen ilmastotilanteeseen vuoden 2040 kuormitustietojen mukaan. A-klorofyllin muutoksen keskiarvo on laskettu mallinnusvuosille 2037–2044 keväällä (huhti-toukokuu) ja kesällä (heinä-elokuu) sekä koko kasvukaudella (huhti-syyskuu) suhteessa nykytilaan.



Kuvio 18. Maatalouden toimenpiteiden vaikutus kun ilmastonmuutos huomioidaan: kohtuullisia ilmastopäästövähennyksiä sisältävässä RCP4.5 ilmastoskenaariossa verrattuna nykyiseen ilmastotilanteeseen vuoden 2070 kuormitustietojen mukaan. A-klorofyllin muutoksen keskiarvo on laskettu mallinnusvuosille 2067–2074 keväällä (huhti-toukokuu) ja kesällä (heinä-elokuu) sekä koko kasvukaudella (huhti-syyskuu) suhteessa nykytilaan.



3.3 Pohja: happi ja selkäranka

Toimenpiteiden aikaansaamat muutokset klorofyllipitoisuuksissa vaikuttavat pohjalle laskeutuvan aineksen määrään ja siten pohjan happipitoisuuteen ja pohjaeläimistön tilaan. Toimenpiteiden vaikutuksia vesimuodostumien happitilanteeseen selvitettiin yhdistämällä rannikkomallin klorofyllitulokset ja alueiden luontaista hapettomuusalttiutta kuvaavaan mallin antamat toistuvan hapettomuuden riskiarviot. Vaikutuksia pohjaeläinten tilaan tarkasteltiin vastaavasti yhdistämällä rannikkomallin klorofyllitulokset happimallin antamiin ajoittaisen hapettomuuden riskiarvioihin ja pohjaeläinindikaattorin nykytilaan eri vesimuodostumissa.

Aiemmin todettiin, että hapettomuudelle pahiten riskialttiit vesimuodostumat sijaitsevat lounaisessa sisäsaaristossa, mutta myös lounaisessa väli- ja ulkosaaristossa samoin kuin Ahvenanmaan ja Suomenlahden sisäsaaristoissa on hapettomuudelle riskialttiita vesimuodostumia (kappale 2.3). Tarkastelun perusteella toistuvan hapettomuuden riskin odotetaan pysyvän vuoteen 2027 ennallaan suurimmassa osassa rannikkovesiä (Taulukko 8). Sen odotetaan jopa kasvavan merkittävästi yhdessätoista lounaisen sisäsaariston vesimuodostumassa, joista kuudessa riskin katsotaan olevan jo nykyisin merkittävä. Lopuissa neljässä vesimuodostumassa, jossa klorofyllipitoisuuden odotetaan kasvavan vuoteen 2027 mennessä, ei ole nähtävissä merkittävää hapettomuuden riskiä, koska toistuvasti hapettoman pinta-alan osuus on niissä erittäin pieni (< 0.6 %).

Kesän klorofyllipitoisuuden kasvu osassa vesimuodostumia ei todennäköisesti tule merkittävästi vaikuttamaan pohjaeläinindikaattorin osalta alle hyvän tilan jäävien vesimuodostumien määrään (Taulukko 10). Syynä tähän on se, että niistä yhdestätoista vesimuodostumasta, joissa hapettomuuden riskin odotetaan kasvavan, kuudessa pohjaeläinindikaattorin tila on jo nykyisin alle hyvän, ja kahdessa puolestaan erinomainen. Ainoastaan yhdessä lounaisen sisäsaariston vesimuodostumassa (Pitkäsalmi) riskin sille, että pohjaeläinindikaattori jää alle hyvän tilan odotetaan kasvavan. Jo olemassaolevan hapettomuusriskin katsottiin muodostavan riskin myös pohjaeläinten tilalle useassa Ahvenanmaan ulkosaariston ja lounaisen saariston vesimuodostumassa, joissa pohjaeläimet on nykyisin hyvässä tilassa.

Taulukko 8. Hapettomuuden ja pohjaeläinindikaattorin (BBI) suhteen eri riskiluokituksessa olevien vesimuodostumien lukumäärät vesityypeittäin. Toimenpiteiden vaikutuksia vesimuodostumien happitilanteeseen ja BBI:n tilaan selvitettiin yhdistämällä FICOS-rannikomallin tulokset, toistuvan hapettomuuden riskiarviot ja BBI-pohjaeläinindikaattorin nykytilaan eri vesimuodostumissa. Raja-arvot eri riskin luokille on annettu menetelmätosiassa. Vesimuodostumakohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 4.

Vesityyppi	Ei hapettomuusriskiä nykytila-2027	Potentiaalinen riski hapettomuudelle 2027	Hapettomuusriski nykytila-2027	Kohonnut riski hapettomuudelle 2027	BBI Hyvässä tilassa nykytila-2027	BBI tila riskissä nykytila-2027	BBI tila kohonneessa riskissä 2027	BBI alle hyvän tilan nykytila-2027
Suomenlahden sisäsaaristo	30	0	0	0	6	2	0	18
Suomenlahden ulkosaaristo	5	0	0	0	1	0	0	4
Ahvenanmaan välisaaristo	8	0	0	0	3	2	0	3
Ahvenanmaan ulkosaaristo	10	0	0	0	1	7	0	2
Lounainen sisäsaaristo	22	1	10	6	7	9	1	18
Lounainen välisaaristo	7	0	5	0	1	4	0	6
Lounainen ulkosaaristo	17	0	0	0	5	10	0	2
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	31	0	0	0	18	0	0	6
Selkämeren ulommat rannikkovedet	7	0	0	0	5	0	0	1

3.4 Kansallisten vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutusmahdollisuudet Suomen merialueiden tilaan

3.4.1 Rannikon vesimuodostumat

Valuma-alueella tehtävät kansalliset vesiensuojelutoimenpiteet vaikuttavat lähinnä sisäsaaristossa, kun taas ulko- ja välisaaristossa merkittävimmät kuormituksen lähteet ovat avomeri ja sisäinen kuormitus. Vaikutusmahdollisuuksia alle hyvässä tilassa olevien vesimuodostumien tilaan arvioitiin tarkastelemalla eri kuormituslähteiden osuuksia kokonaiskuormituksesta. Vesimuodostumien tilaan arvioitiin voitavan merkittävästi vaikuttaa epäorgaanisen typen tai fosforin kuormitusta vähentämällä, jos kyseisen ravinteen kuormituksesta yli 40 % oli peräisin joki- ja pistekuormituksesta, mikä mahdollistaisi n. 10 % klorofyllipitoisuuden laskun. Vaikuttamisen katsottiin myös olevan mahdollista, jos kuormituksesta yli 20 % oli peräisin joki- ja pistekuormituksesta. Kummallakin ravinteella on

merkitystä kasviplanktonin kasvuun rajoittavana ravinteena jossain kasvukauden vaiheessa, joten molempien ravinteiden tarkastelua voidaan pitää perusteltuna.

Tarkastelun perusteella vesimuodostumien tilaan voitaisiin merkittävästi vaikuttaa vähentämällä epäorgaanisen typen kuormitusta suurimmassa osassa lounaista ja Suomenlahden sisäsaaristoa sekä Selkämeren rannikkovesiä. Vaikuttaminen olisi lisäksi mahdollista suurimmassa osassa vesimuodostumia kaikissa vesityypeissä lukuun ottamatta lounaista ulkosaaristoa ja Ahvenanmaan väli- ja ulkosaaristoa (Taulukko 9). Vaikutusmahdollisuudet epäorgaanisen fosforin kuormitusta vähentämällä ovat selvästi heikommat. Vain Selkämeren sisemmissä rannikkovesissä suurimmassa osassa alle hyvän tilan olevia vesimuodostumia >40 % kuormituksesta oli joki- ja pistekuormitusta, ja sama piti paikkansa myös 20 % rajan osalta.

Taulukko 9. Niiden alle hyvässä tilassa olevien vesimuodostumien prosenttiosuudet, joiden tilaan voidaan vaikuttaa epäorgaanisen typen (DIN) tai fosforin (DIP) kuormitusta vähentämällä, eri vesityypeissä. Osuudet on annettu prosentteina kaikista alle hyvän tilan olevista vesimuodostumista, joista kuormitusaineisto oli saatavilla. Tilaan katsottiin voitavan vaikuttaa merkittävästi, jos > 40 % DIN/ DIP kuormituksesta oli peräisin joki- ja pistekuormituksesta ja vaikuttamisen olevan mahdollista, jos joki- ja pistekuormituksen osuus > 20 % DIN/ DIP kuormituksesta. Viimeisessä kolumnissa on annettu arviossa mukana olevien vesimuodostumien osuus kaikista vesityypin huonossa tilassa olevista vesimuodostumista. Kuormitustiedot olivat saatavilla vain yhdessä Ahvenanmaan sisäsaariston vesimuodostumassa, ja Perämerelle ja Merenkurkun alueelle niitä ei ole toistaiseksi mallinnettu.

Tyyppi	Arviossa mukana olevien vesi-muodostumien osuus (%) huonossa tilassa olevista vesimuodostumista	Niiden vesimuodostumien osuus (%), joiden tilaan voidaan merkittävästi vaikuttaa DIN-kuormitusta vähentämällä	Niiden vesimuodostumien osuus (%), joiden tilaan on mahdollista vaikuttaa DIN-kuormitusta vähentämällä	Niiden vesimuodostumien osuus (%), joiden tilaan voidaan merkittävästi vaikuttaa DIP-kuormitusta vähentämällä	Niiden vesimuodostumien osuus (%), joiden tilaan on mahdollista vaikuttaa DIP-kuormitusta vähentämällä
Ahvenanmaan sisäsaaristo	5	0	100	0	0
Ahvenanmaan välisaaristo	43	0	44	0	0
Ahvenanmaan ulkosaaristo	56	0	10	0	0
Lounainen sisäsaaristo	85	80	100	8	38
Lounainen ulkosaaristo	100	0	45	0	0
Lounainen välisaaristo	92	42	100	0	0
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	81	100	100	69	88
Selkämeren ulommat rannikkovedet	100	83	100	17	33
Suomenlahden sisäsaaristo	100	84	100	10	48
Suomenlahden ulkosaaristo	100	0	80	0	0

3.4.2 Suomea ympäröivät avomerialueet

Valuma-alueelta rannikolle tehtyjen mallinnussimulaatioiden (VEMALA, FICOS) perusteella Suomessa tehtävillä hajakuormitukseen kohdistuvilla ravinteidenvähennystoimilla

on vähäinen vaikutus Suomenlahden, Itämeren pääaltaan pohjoisosan ja Selkämeren avomerialueiden rehevöitymistilaan. Poikkeuksena on Selkämeren altaan typpi-indikaattorit, johon valuma-alueen kuormituksella on ainakin rannikkoalueen tuntumassa suurempi vaikutus (taulukko 10).

Taulukko 10. Valuma-alueen jokikuormituksen suhteellinen vaikutus rehevöitymisen tilan indikaattoreihin 10 km levyisellä kaistaleella (kts kuvat alempana). Indikaattoriparametreina on tarkasteltu kasvukauden (huhti-elokuu) pintaravinteiden pitoisuutta. Jokikuormitus on mallissa suhteutettu muihin kuormituslähteisiin: alueen ulkopuolelta tuleva kuormitus, sisäinen kuormitus ja pistekuormitus (jota kaistaleella ei esiinny).

	Liennut typpi	Liennut fosfori	Kokonaistyppi	Kokonaisfosfori
Saaristomerens eteläreuna	4 %	0 %	1 %	1 %
Suomenlahti	9 %	1 %	4 %	2 %
Selkämeri	36 %	5 %	16 %	12 %

Suomenlahden valuma-alueella tehtävillä kansallisilla toimenpiteillä on mahdollisuus vaikuttaa rannikonläheisen avomerialueen ravinnemääriin vuoteen 2027 mennessä enintään 1–9 %, indikaattorista riippuen (Taulukko 10; Lehtoranta ym. 2017). Sen sijaan Itämeren pääaltaalta tulevalla ravinnekuormalla on merkittävä pysyvä vaikutus sekä alueen typpiettä fosforipitoisuuteen (Lehtoranta ym. 2017). Toinen merkittävä, joskin vuosittain sää- ja hydrologisten olosuhteiden perusteella vuosittain vaihteleva fosforin lähde on hapettomien alueiden pohjasedimentissä, josta vapautuu fosforia Suomenlahden pintakerrokseen (Lukkari 2008, Lehtoranta 2013, Lehtoranta ym. 2017). Tähän sisäiseen kuormitukseen on mahdollista vaikuttaa pitkällä tähtäimellä valuma-alueella tehtävin toimenpitein.

Selkämerellä on mallitulosten mukaan mahdollista vaikuttaa typpi-indikaattorien paineisiin Suomen valuma-alueella tehtävillä toimenpiteillä 16–30 % Suomen rannikkoalueen tuntumassa, indikaattorista riippuen (Taulukko 10). Fosfori-indikaattoreihin sen sijaan vaikutusmahdollisuudet ovat vähäisemmät, 5–12 % luokkaa. Vaikutukset koko avomerialueeseen ovat vähäisemmät. Kuten Suomenlahdella, myös Selkämerellä Itämeren pääaltaalta tulevalla fosforikuormalla on merkittävin osuus vesipatsaan fosforipitoisuuteen, ja sitä kautta indikaattorien tilaan. Tämä on todettu mm. HELCOMin päästötavoitteiden asettamisessa hyödynnettyjen BALTSEM-mallilla tehtyjen simulaatioiden avulla (Savchuk 2018, Gustafsson ym. 2017).

Saaristomerens valuma-alueella tehtävät toimenpiteet vaikuttavat hyvin vähän Itämeren pääaltaan pohjoisosan ravinneindikaattoreihin. Saaristomerens eteläreunassa vaikutuksen arvioidaan olevan 0–4 %, ravinteesta ja indikaattorista riippuen – luonnollisesti vaikutus on huomattavasti vähäisempi mikäli arvioidaan koko avomerialuetta.

4 Rannikkovesien tilan arvioiminen eri työkaluin

4.1 Indikaattorit

Rannikkovesien tilaa arvioidaan ravinteiden osalta pinnan kokonaisfosfori- ja typpitasoa kuvaavilla indikaattoreilla (Korpinen ym. 2018). Vuosina 2011–2016 ravinneindikaattorien tila vaihteli huomattavasti vesimuodostumien välillä useimmissa vesityypeissä. Erityisesti Ahvenanmaan saaristoalueen ja Perämeren, Selkämeren ja Merenkurkun rannikkovesityypeissä oli vesimuodostumia, joissa toinen tai molemmat ravinneindikaattorit olivat hyvässä tilassa, kun taas lounaisessa saaristossa ja Suomenlahden saaristossa indikaattorien tila oli heikompi. Nämä indikaattorit heijastavat verrattain hyvin valuma-alueelta tulevaa kuormitusta, mutta eivät kuvasta kasviplanktonille käyttökelpoisten ravinteiden osuutta. Rehevöitymisen suoriin vaikutuksiin on saatu avomerialueilla parempi yhteys käyttämällä talvikuukausien epäorgaanisen typen ja fosforin pitoisuutta ravinneindikaattoreina. Kyseiset indikaattorit tulisi ottaa käyttöön myös rannikkovesien tilanarvioissa.

Levämäärää kuvaavat kesäkauden a-klorofylli ja kasviplanktonin biomassa, joista a-klorofylli on kattavammin käytössä. Vuosina 2011–2016 a-klorofylli oli hyvässä tilassa vain osassa Perämeren ja Merenkurkun rannikkovesiä, Selkämeren sisempiä rannikkovesiä ja Ahvenanmaan sisä- ja välisaaristoa (Korpinen ym. 2018). Kasviplanktonin vuotuinen sukkessio pitää sisällään myös kevätkauden maksimin, joka Itämeren pohjoisosissa usein ylittää kokonaisbiomassaltaan kesäkauden levämäärän. Kevään leväkukinta saa alkunsa valon määrän lisääntyessä, ja on luonteeltaan pääsääntöisesti typpi- (ja silikaatti) -rajoitteinen (Tamminen & Andersen 2007), eikä sen pitkäaikaiskehitys ole kaikilla alueilla seurannut kesän levämäärän pitkäaikaiskehitystä (Raateoja ym. 2005). Kevään leväbiomassalla on osaltaan suuri merkitys pohjaan vajoavan orgaanisen aineksen muodostumisessa, ja sitä kuvaamaan tulisi ottaa käyttöön erillinen indikaattori. Tällainen onkin avomerialueille kehitteillä (HELCOM 2019), ja samaa lähestymistapaa voitaneen soveltaa rannikkovesille.

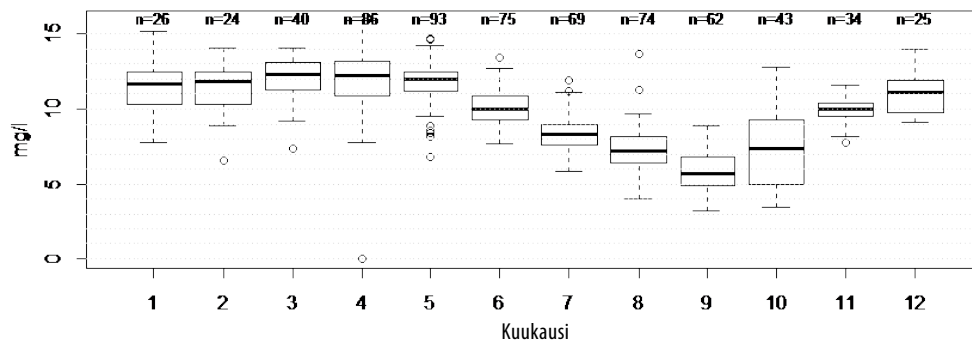
Vesipatsaan tilaa indikoimaan käytetään myös näkösyvyyttä, joka on indikaattorina monimuotoinen (Fleming 2016). Siihen vaikuttaa paitsi rehevöitymistä kuvastava levämäärä, myös muu vedessä oleva värillinen aines, kuten humusaineet, liuennut rauta ja epäorgaaniset hiukkaset. Näiden vaikuttajien suhteellinen osuus vaihtelee alueellisesti. Näkösyvyyden käyttö indikaattorina on perusteltua, kunhan näistä suhteellisista osuuksista ollaan tietoisia. Vuosina 2011–2016 näkösyvyys oli hyvässä tilassa 20–80 % Pohjanlahden vesityyppien pinta-alasta (Korpinen ym. 2018). Muualla näkösyvyyden tila oli alle hyvän.

Pohjahabitaatin rehevöitymistä ja ekologista tilaa kuvastamaan tulisi rannikkovesissä käyttää happipitoisuutta, makroleviä / vesikasvillisuutta ja pohjaeläinyhteisöjä kuvaavia indikaattoreita. Edellisessä tilanarviossa käytössä oli indikaattoreita vain kahteen jälkimmäiseen.

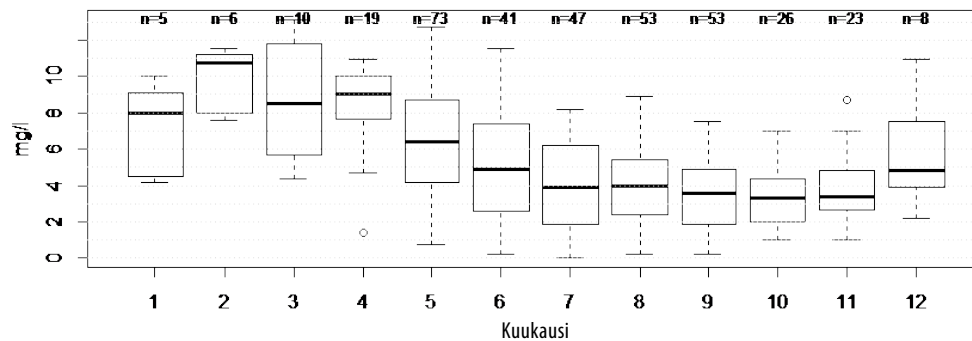
Pohjanläheistä happipitoisuutta ja hapen kyllästysastetta käytetään tukemaan rannikkovesien ekologista luokitusta, mutta näille muuttujille ei tällä hetkellä ole vertailuarvoja eikä luokitusta. Avomerellä käytössä oleva happivelka-indikaattori soveltuu vain alueisiin jotka sisältävät halokliinin alapuolelle ulottuvia syvänteitä, eikä näin ollen ole käytettävissä rannikkovesissä. Pohjan läheistä happea kuvaava indikaattori on kehitteillä myös matalille rannikkovesillemme, soveltaen Ruotsin tilanarviossa käytettyä indikaattoria Suomen olosuhteisiin ja monitorointiohjelmaan. Indikaattorikehityksessä haastavaa on kynnysarvojen asettaminen eri vesityypeille, joissa erot vedenvaihdossa ja pohjan pienten altaiden kytkeytyvyydessä ovat johtaneet luonnollisten happiolojen vaihteluun. Kehitteillä oleva indikaattori on kaksivaiheinen: luontaisten hapettomuusolojen perusteella kategorisoiduille hyvin hapettuneille, kausiluontoisesti hapettomille ja pitkäjaksoisesti hapettomille havaintoasemille käytetään eri tavoin asetettuja kynnysarvoja, minkä jälkeen asemakohtaiset tulokset yhdistetään vesimuodostuma- ja tyyppikohtaisesti (Kuvio 19).

Kuvio 19. Happipitoisuuden vuodensisäinen kehitys hyvin hapettuneella Seilin intensiiviasemalla ja kausiluontaisesti hapettomalla Haapasaaren havaintoasemalla aikavälillä 1980–2019. Happipitoisuuden jakaumat osoittavat, että jälkimmäisellä pohjan happipitoisuus putoaa säännöllisesti alle 4 mg/l kesäkuukausina, kun taas ensin mainittu on pohjaa myöten hapekas läpi vuoden. Hapen pitoisuus pohjassa (mg/l) on esitetty y-akselilla ja kuukaudet 1–12 x-akselilla; diagrammin laatikoissa oleva vaakaviiva kuvastaa mediaania, laatikon reunat kvartaaleja ja viikset 95 % havainnoista.

Nauvo 2361 Seilin intensiiviasema



Suomen Haapasaari Kyvy-11



Vesikasvillisuuden tilan indikaattorina käytetään rakkohaurun esiintymisen alarajaa, joka reagoi erityisesti vesipatsaan valonläpäisevyyteen. Indikaattoria käytettiin Suomen meriympäristön tilan arvioissa kuvastamaan rehevöitymisen suoria vaikutuksia (Korpi-nen ym. 2018), mutta HELCOMin Itämeren tilan arvioissa (Second holistic assessment of the state of the Baltic Sea) indikaattori luokiteltiin rehevöitymisen epäsuoriin vaikutuksiin (HELCOM 2018b). Indikaattori oli käytössä Suomenlahden ja Saaristomeren rannikkovesi-alueilla, Selkämeren sisemmillä rannikkovesillä ja Merenkurkun ulkosaaristossa. Indikaattori oli vuosina 2011–2016 hyvässä tilassa vain Merenkurkun ulkosaaristossa. Ahvenanmaalla vesikasvillisuuden tilaa kuvataan 11 levä- ja putkilokasvilajia kuvaavalla indeksillä, joka oli alle hyvän tilan kaikissa rannikkovesityypeissä.

Pohjaeläinyhteisöjen tilaa kuvataan BBI-indikaattorilla (Brackish water Benthic Index; Perus ym. 2007). BBI on moniparametrinen indeksi ja huomioi herkkien ja sietävien lajien suhdetta, yhteisön monimuotoisuutta, lajirunsautta ja yksilötiheyttä. BBI:tä käytetään Suomen rannikkovesialueella ensisijaisesti kuvaamaan rehevöitymisen vaikutuksia pohjaeläinyhteisöjen tilaan, mutta indeksiä käytetään myös kuvastamaan pohjaeläinyhteisöjen tilaa yleisemmällä tasolla (Korpinen ym. 2018). HELCOMin Itämeren tila-arviossa (HELCOM 2018) BBI:tä käytettiin sekä rehevöitymisen epäsuorien vaikutuksien indikaattorina, että tukemaan pohjahabitaattien monimuotoisuusarviota. BBI:tä käytettiin Meren tila-arviossa 2018 koko Suomen rannikkovesialueella (Korpinen ym. 2018). Arviointi kattoi yhteensä 88 % rannikkovesialueen pinta-alasta, josta 63 % saavutti vähintään hyvän tilan. Vesimuodostumatasolla tila vaihteli huonosta erinomaiseen. Huonossa tilassa olevat vesimuodostumat sijaitsivat enimmäkseen sisäsaaristossa. Ulkorannikkoalue oli laajasti hyvässä tilassa, pois lukien osan Suomenlahden ja Perämeren ulkorannikkoalueista, joissa tila oli huonompi.

4.2 Ekologisen tilan ja rehevöitymisen hyvän tilan arviointi eri arviointityökaluilla

Rehevöitymisen (Meristrategiadirektiivi, MSD, kuvaaja 5) tilanarvio toteutettiin Suomen koko merialueelle mukaan lukien rannikkovedet ja avomeri talousvyöhykkeen ulkorajalle asti (Korpinen ym. 2018). Vaikka merenhoidon rehevöitymisen tilanarviossa käytetään samoja rannikkovesien tilaindikaattoreita kuin vesienhoidon ekologisessa tilanarviossa, eroaa se periaatteiltaan siten, että sen tavoitteena on ilmaista nimenomaan rehevöitymisprosessin etenemistä, kun taas ekologinen tilanarvio painottaa nimensä mukaisesti biologisia laatutekijöitä. Vaikka indikaattorit ovat yhtenevät, on kummassakin tilanarviossa käytetty omaa lähestymistapaa ja tilanarviotyökalua. Tilanarviotyökalujen ja mittakaavan erojen on havaittu aiheuttavan joitain tilanarvioiden välisiä eroavaisuuksia rannikkovesien luokitustuloksissa.

Tilanarviotyökalujen vaikutusta luokitustuloksiin selvitettiin laskemalla rehevöitymisen tilanarviot kolmannen luokittelukauden (2012–2017) aineistosta merenhoidonssa raportoinnissa käytetyllä Helcom Eutrophication Assessment Tool 3 (HEAT3), ja Ruotsissa vesipuitedirektiivikäyttöön kehitetyllä WATERS-työkaluilla, ja sekä vertaamalla näitä vesienhoidon ekologisen tilanarvion kolmannen luokittelukauden (2012–2017) tuloksiin. kKaikkissa laskennoissa käytettiin ekologisen tilanlaskennan mukaista spatiaalista integrointia havainnoista vesimuodostumatasolle (Aroviita ym. 2019).

Vesienhoidon ekologisessa tilanarviossa ja WATERS-tilanarviossa käytettiin ekologisen tilanarvion mukaisia luokkarajoja (Aroviita ym. 2019). HEAT-arviossa käytettiin raja-arvona (ET; eutrophication target) ekologisen tilanarvion hyvää/ tyydyttävää -raja-arvoa,

ja indikaattorien luokat määräytyivät tuloksen ja raja-arvon suhteesta kuten merenhoidon rehevöitymistilantarviossa ja HELCOMin Itämeren rehevöitymistilantarviossa (HELCOM 2018b).

Vesienhoidon ekologisen tilan arviossa rannikkovesien muuttujat on ryhmitelty biologisten, fysikaalis-kemiallisten ja hydromorfologisten olosuhteiden muuttujiin. Biologiset muuttujat on jaettu edelleen kolmeen laatutekijään: kasviplankton, vesikasvit ja pohjaeläimet ja fysikaalis-kemialliset muuttujat yleisiin olosuhteisiin ja lisämuuttujiin, joille ei ole luokkarajoja (Taulukko 11). WATERS-työkalussa on käytössä vastaava laatutekijöihin luokittelu. HEAT3-työkalussa indikaattorit on puolestaan integroitu toiminnallisuuden mukaan ravinteisiin ja rehevöitymisen suoriin ja epäsuoriin vaikutuksiin. HEAT3-työkalussa indikaattoreiden tuloksia voidaan painottaa vesityyppikohtaisilla kertoimilla, jotka perustuvat indikaattorien soveltuvuuteen ja merkitykseen kussakin vesityypissä. Myös WATERS-työkalussa on mahdollisuus painottaa indikaattoreita, mutta tässä testissä kaikille indikaattoreille käytettiin WATERS-arviossa samaa painoarvoa.

WATERS- ja HEAT-arvioissa lopullinen ekologinen tilantarvio määräytyy heikoimmassa tilassa olevan kriteeriryhmän mukaan (One-out-all-out -periaate). WATERS-arviossa ”tukevat muuttujat”, eli ravinteet ja näkösyvyys, eivät vaikuta suoraan tilan arvioon. Ekologisen tilan arvio perustuu ”one-out-all-out” -periaatteen sijaan asiantuntija-arviona tehtyyn ns. yhdennettyyn tarkasteluun, jossa otetaan huomioon laatutekijöiden (indikaattoriryhmien) laskennalliset ja arvioidut luokat, yleinen vedenlaatu, hydro-morfologinen muuttuneisuus ja kuormitus. Laatutekijäkohtaiset arvioidut luokat saadaan asiantuntija-arviona, jossa huomioidaan laskennallisten tulosten luotettavuus, sekä ajallinen ja paikallinen edustavuus, ja voidaan huomioida myös luokittelua tukevia muuttujia, kuten satelliittihavaintoja, ja luokkien alarajoilla noudatetaan varovaisuusperiaatetta. Ekologisen tilan arvion määrittäminen ml. yhdennetty tarkastelu on kuvattu tarkemmin SYKE raportissa 37 (Aroviita ym. 2019).

Taulukko 11. Muuttujien ryhmittely ja rooli eri tilanarviotyökaluissa. Vesienhoidon ekologisessa tilanarviossa biologiset olosuhteet on jaettu edelleen kolmeen laatutekijään ja fysikaaliskemialliset olosuhteet kahden laatutekijään. HEAT3-työkalun osalta tässä työssä käytettiin Suomen meriympäristön tila 2018 -raportissa käytettyä indikaattorien ryhmittelyä (Korpinen ym. 2018). HELCOM Itämeren tilanarviossa rakkohauruindikaattori (rakkohaurun esiintymisen alaraja) ryhmiteltiin epäsuoriin vaikutuksiin (HELCOM 2018b).

Tilanarvio-työkalu	Muuttujaryhmät	Muuttujat	Vaikutus tilanarvioon
Vesienhoidon ekologinen tilanarvio	<u>Biologiset olosuhteet</u>		Ensisijainen
	kasviplankton	kasviplanktonbiomassa	
		klorofylli-a	
	vesikasvit	rakkohauru	
	pohjaeläimet	BBI	
	<u>Fysikaaliskemialliset olosuhteet</u>		Biologisia laatutekijöitä tukevia suureita. Erinomaisen ekologisen tilan luokassa suureissa saa olla enintään hyvin vähän ihmistoiminnasta johtuvia muutoksia ja hyvässä ekologisen tilan luokassa suureiden tulee mahdollistaa biologisten laatutekijöiden hyvän tilan arvojen saavuttaminen.
	yleiset olosuhteet	kokonaistyyppi kokonaisfosfori näkösyvyys	
	lisämuuttujat	happi liukoinen hapen kyllästysaste	
	<u>Hydromorfologiset olosuhteet</u>	esteettömyys morfologia hydrologia	Biologisia laatutekijöitä tukevia suureita. Erinomaisen ekologisen tilan luokassa suureissa saa olla enintään hyvin vähän ihmistoiminnasta johtuvia muutoksia ja hyvässä ekologisen tilan luokassa suureiden tulee mahdollistaa biologisten laatutekijöiden hyvän tilan arvojen saavuttaminen.
HEAT	ravinteet	kokonaistyyppi kokonaisfosfori	määrää kokonaistilan, jos heikoimmassa tilassa oleva ryhmä
	suorat vaikutukset	klorofylli-a	määrää kokonaistilan, jos heikoimmassa tilassa oleva ryhmä
		näkösyvyys	määrää kokonaistilan, jos heikoimmassa tilassa oleva ryhmä
		kokonaisbiomassa	määrää kokonaistilan, jos heikoimmassa tilassa oleva ryhmä
	epäsuorat vaikutukset	rakkohauru BBI	

Tilanarvio-työkalu	Muuttujaryhmät	Muuttujat	Vaikutus tilanarvioon
WATERS	plankton	klorofylli-a kasviplanktonbiomassa	määrää kokonaistilan, jos heikoimmassa tilassa oleva ryhmä
	vesikasvit	rakkohauru	määrää kokonaistilan, jos heikoimmassa tilassa oleva ryhmä
	pohjaeläimet	BBI	määrää kokonaistilan, jos heikoimmassa tilassa oleva ryhmä
	tukevat muuttujat	kokonaistyyppi kokonaisfosfori näkösyvyys	Ei suoraa vaikutusta kokonaistilaan. Biologisia laatutekijöitä tukevia suureita

4.2.1 Vesimuodostumien jakautuminen tilaluokkiin eri työkaluilla määritettynä

Suurin osa rannikon vesimuodostumista ei saavuttanut hyvää tilaa millään tila-arviotyökalulla määritettynä (Taulukko 14). Ekologisen tilan arviossa vesimuodostumia päätyi hyvään luokkaan hieman enemmän kuin muilla työkaluilla; 13 yhteensä 197 vesimuodostumasta, jotka olivat vertailussa mukana.

HEAT3-työkalulla huomattavasti suurempi osa vesimuodostumista päätyi heikoimpaan luokkaan (huono tila, luokka 1) kuin muilla työkaluilla. Erilaisen indikaattorien painotuksen ja ryhmittelyn lisäksi tähän saattoi vaikuttaa se, ettei HEAT-arviossa käytetä hyvä/ tyydyttävä -raja-arvon lisäksi muita luokkaraja-arvoja, vaan tarkempi luokitus määräytyy raja-arvon ja tuloksen suhteesta, jolloin epälineaarisesti rehevöitymiseen suhtautuvat muuttujat päätyvät herkemmin heikoimpaan luokkaan. HEAT-työkaluun ollaankin HELCOM IN-Eutrophication -asiantuntijatyöryhmän toimesta kehittämässä indikaattorien skaalausta, jonka tarkoitus on tasata tätä laskennallista eroa työkalujen välillä.

Myös WATERS-arviot olivat keskimäärin heikompia kuin ekologisen tilan arviot, mikä todennäköisesti johtui laatutekijäkohtaisesta "one out all out"-periaatteen käytöstä WATERS-arviossa (Taulukko 12). Ekologisen tilan arviossa käytetty asiantuntija-arvio ei aiheuttanut havaittua eroa, sillä asiantuntijan antama biologinen arvio oli korkeampi kuin laskennallinen biologinen tulos vain 10:ssä vesimuodostumassa ja asiantuntija-arviona annettu ekologinen tila korkeampi kuin laskennallinen biologinen tila vain 18 vesimuodostumassa.

Taulukko 12. Rannikon vesimuodostumien ekologisen tilan jakautuminen eri luokkiin eri tilanarviointi-työkaluilla määritettynä 2012–2017. Vertailussa käytettiin vesienhoidon ekologisen tilanarvion kolmannen luokittelukauden tuloksia (VPD), sekä Merenhoidon rehevöitymistilanarviossa ja HELCOMin Itämeren rehevöitymistilan arviossa käytettyä HEAT3-työkalua ja Ruotsin WATERS työkalua. Ahvenanmaan vesimuodostumat ja lisäksi 18 vesimuodostumaa, joista ei ollut saatavilla indikaattorituloksia, puuttuvat vertailusta. Vesimuodostumakohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 5.

Vesienhoidon ekologinen tila	HEAT	VPD	Waters
huono	101	4	21
välttävä	37	66	87
tydyttävä	52	114	78
hyvä	7	13	7
erinomainen	0	0	2

4.2.2 Tilan määräävä indikaattoriryhmä HEAT- ja WATERS-työkaluilla

Rehevöitymisen suorat vaikutukset olivat HEAT-arviossa useimmiten heikoimmassa tilassa, ja siten ekologisen tilan määräävä kriteeriryhmä (Taulukko 13). Suoriin vaikutuksiin kuuluvat klorofylli-, näkösyvyys-, kasviplanktonbiomassa- ja rakkohauru-indikaattorit (Taulukko 11). Perämeren ulommissa rannikkovesissä epäsuorat vaikutukset, jossa oli käytössä vain pohjaeläinindikaattori, oli yhtä usein määräävä kriteeriryhmä.

Osittain samoja indikaattoreita, eli klorofylliä ja kasviplanktonbiomassaa hyödyntävä 'plankton' oli WATERS-arviossa vesimuodostumien ekologisen tilan määräävä laatutekijä (Taulukko 13). Lounaisessa väli- ja ulkosaaristossa määräävä laatutekijä oli yleisimmin vesikasvillisuus, jonka ainoana indikaattorina oli rakkohauru. Myös WATERS-arviossa pohjaeläin-laatutekijällä, oli eniten vaikutusta Perämeren ulommissa rannikkovesissä, joissa se oli määräävä tekijä 5:ssä 11:sta vesimuodostumasta.

Taulukko 13. Vesimuodostumien ekologisen tilan määraävien indikaattoriryhmien jakautuminen eri vesityypeissä HEAT3- ja WATERS -työkaluilla määritettynä. Indikaattoriryhmien selitykset on annettu taulukossa 1.

vesityyppi	HEAT			WATERS		
	ravinteet	suorat vaikutukset	epäsuorat vaikutukset	plankton	vesikasvit	pohja-eläimet
Lounainen sisäsaaristo	2	36	4	30	3	8
Lounainen ulkosaaristo	0	10	1	4	6	1
Lounainen välisaaristo	0	10	1	2	5	4
Merenkurkun sisäsaaristo	1	8	2	7	0	4
Merenkurkun ulkosaaristo	0	8	0	8	0	0
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4	21	3	21	0	5
Perämeren ulommat rannikkovedet	1	5	5	6	0	5
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	1	28	3	27	1	3
Selkämeren ulommat rannikkovedet	0	7	0	7	0	0
Suomenlahden sisäsaaristo	0	25	6	29	1	0
Suomenlahden ulkosaaristo	0	4	1	3	0	2

Indikaattoritulosten laskentajärjestyksellä on vaikutusta tilanarvion lopputuloksen kannalta. Kun tuloksia keskiarvoistetaan havaintopaikoilta seurantapaikkojen kautta vesimuodostumiin, voidaan se tehdä koko tilanarviojaksolle, kuten ekologisen tilan arvioissa, tai ensin kullekin vuodelle erikseen, kuten HEAT-tilanarvioissa. Pintavesien luokitteluoppaan mukaan tulosten laskeminen suoraan koko jaksolle kuvaa edustavasti vedenlaatua (Aroviita ym. 2019). Tällä laskemistavalla tulosten alueellinen jakautuminen saa enemmän painoarvoa, kuin ajallinen jakautuminen, jos näytteenottoa ei ole suoritettu kaikilta havainto-aseteilta kaikkina vuosina. Vuosittaisten tulosten laskeminen mahdollistaa kuitenkin yksityiskohtaisemman ajallisten muutosten seuraamisen ja mahdollisten trendien havaitsemisen lyhyemmällä aikavälillä.

Laskentajärjestyksen vaikutusta tilanarvioon selvitettiin tekemällä HEAT-tilanarvio sekä laskemalla ensin vuosittaiset keskiarvot että laskemalla suoraan jaksokeskiarvot kuten ekologisen tilan arvioissa. Laskentajärjestyksellä ei ollut vaikutusta kriteeriryhmän ”ravinteet” tulokseen, sillä näytteet oli otettu kattavasti samoista havaintopaikoista kaikkina vuosina. Laskentatapa vaikutti kriteeriryhmän ”rehevöitymisen suorat vaikutukset” tuloksiin suurimmassa osassa vesimuodostumia (172/189 vesimuodostumassa). Keskiarvojen laskeminen suoraan koko jaksolle johti hieman matalampaan rehevöitymissuhteeseen noin kaksi kertaa useammin kuin ensin vuosittaisten keskiarvojen laskeminen. Koska rehevöitymisen

suorat vaikutukset' ei ollut kaikissa vesimuodostumissa kokonaistilan määräävä kriteeriryhmä, rehevöitymissuhteet (ER) poikkesivat laskentatavasta riippuen hieman harvemmin (150/194). Kaikkiaan laskentatavasta johtuvat erot olivat pieniä, ja vaikuttivat tilanluokkaan vain 15:ssä 194 vesimuodostumasta.

4.3 Luokituksen luotettavuuden määrittäminen

Luokitustuloksen luotettavuus kuvaa sitä kuinka varmoja voidaan olla siitä, että vesimuodostuma kuuluu siihen tilaluokkaan, johon se on määritetty. Ekologisen tilanarvion klorofyllin tilanluokan luotettavuutta on tarkasteltu toisen luokittelukauden aineistoon sovitetun klorofyllimallin todennäköisyysjakauman avulla (Kotamäki ym. 2019). Mallissa luokkien todennäköisyydet laskettiin simuloimalla klorofyllin todennäköisyysjakauma olettaen muuttujan havaintojen noudattavan normaalijakaumaa, jonka keskiarvona on estimoitu luokittelujakson keskiarvo ja keskihajontana estimoitu keskivirhe. Klorofylli on keskeisin biologisen tilan indikaattori ekologisen tilan arvioissa, ja useimmin myös heikoimmassa tilassa oleva indikaattori, joten klorofyllimallin tuloksia voidaan käyttää suuntaa antavasti arvioimaan ekologisen tilan luokan luotettavuutta. Kolmannelle luokituskaudelle ei ole tehty vastaavaa luotettavuuden määrittämistä.

Mallin mukaan toisen luokittelukauden tilan luokan luotettavuus (luokan metrisen keskiarvon todennäköisyys) vaihteli rannikon vesimuodostumissa 43 %:sta 100 %:iin ja oli keskimäärin 77 %. Tarkasteltaessa lähemmin 17 vesimuodostumaa joiden ekologinen tila muuttui toiselta luokittelukaudelta kolmannelle havaittiin, että klorofyllimalli tuki toisen luokittelukauden ekologisen luokituksen tuloksia vain kolmanneksessa tarkastelluista vesimuodostumista (Taulukko 14). Tulokset viittaavat siihen, että suurimmassa osassa niitä vesimuodostumia, joiden luokitus oli muuttunut, tila oli toisella luokittelukaudella lähellä luokkarajoja. Jotta voitaisiin arvioida tilan muutoksen todennäköisyyttä, pitäisi todennäköisyysjakaumat mallintaa myös kolmannen kauden tuloksille. Ekologisen tilan epävarmuuden ja tilan muutosten todennäköisyyden arviointi vaatisi luokituksen luotettavuuden laskemista erikseen kullekin indikaattorille.

Taulukko 14. Ekologinen tila vesienhoidon toisella luokittelu kaudella, todennäköisyys (%) sille, että klorofylli-indikaattori on sen kanssa samassa tilaluokassa sekä todennäköisyys sille, että klorofylli on muissa tilaluokissa. Taulukkoon on sisällytetty vain ne rannikon vesimuodostumat joiden tila oli muuttunut toiselta luokittelukaudelta kolmannelle. Tilaluokat: Hu= huono, V= välttävä, T= tyydyttävä, Hy= hyvä, E=erinomainen.

Tyyppi	Vesimuodostuma	Ekologinen tila	Todennäköisyys (%) klorofylli ekologisen tilan luokassa	Todennäköisyys (%) klorofylli muissa tilan luokissa (luokka)
Suomenlahden sisäsaari	2_Ss_010	V	37	63 (T)
	2_Ss_005	V	63	37 (T)
	2_Ss_002	V	12	88 (T)
Suomenlahden ulkosaari	2_Su_020	V	44	55 (T)
Lounainen sisäsaari	3_Ls_013	Hu	54	46 (V)
	3_Ls_005	T	57	43 (V)
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_021	V	35	64 (T)
	3_Ses_017	T	65	35 (V)
	3_Ses_040	Hy	15	72 (T), 11 (E)
Selkämeren ulommat rannikkovedet	3_Se_080	Hy	19	47 (T), 32 (E)
	3_Se_070	Hy	15	63 (T), 16 (E)
Perämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ps_028	T	81	10 (V)
	4_Ps_014	T	84	2 (V)
	5_Ps_001	Hy	22	65 (T), 12 (E)
	3_Ps_027	Hy	26	57 (T), 17 (E)
Perämeren ulommat rannikkovedet	6_Pu_001	Hy	11	71 (T), 9 (E)
	5_Pu_001	Hy	15	65 (T), 16 (E)

Ekologisen tilan arvioissa ei ole tehty erillistä luotettavuusarviota, mutta vesimuodostumille määritetään luokitustulosten ohella luokitukseen käytetyn aineiston kattavuuteen perustuva luokitustaso (Aroviita ym. 2019). Luokitustasoja on viisi; laajaan aineistoon perustuva ekologinen luokitus, suppeaan aineistoon perustuva ekologinen luokitus, vedenlaatu luokitus ja luokitus muiden vesimuodostumien perusteella. Luokituksessa huomioidaan, onko aineistoa useammasta laatutekijästä ja kuinka alueellisesti ja ajallisesti kattavaa aineistoa biologisista ja fysikaalis-kemiallisista laatutekijöistä on käytettävissä. Lisäksi niissä vesimuodostumissa, joista ei ole käytettävissä laajaa aineistoa laatutekijöistä, luokitustasoon vaikuttaa myös mm. riittävä tieto paineista ja herkkyydestä paineille. Kolmannella luokittelukaudella rannikon vesimuodostumista lähes puolet (123) kuului korkeimpaan luokitustasoon (laajaan aineistoon perustuva luokitus).

HEAT-työkalua käytettäessä määritetään tilanarvion rinnalle rehevöitymisen kokonaisluotettavuutta kuvaava arvio. Se muodostuu hierarkkisesti indikaattorikohtaisista luotettavuusarvioista, keskiarvoista ensin ravinteet, suorat vaikutukset ja epäsuorat vaikutukset

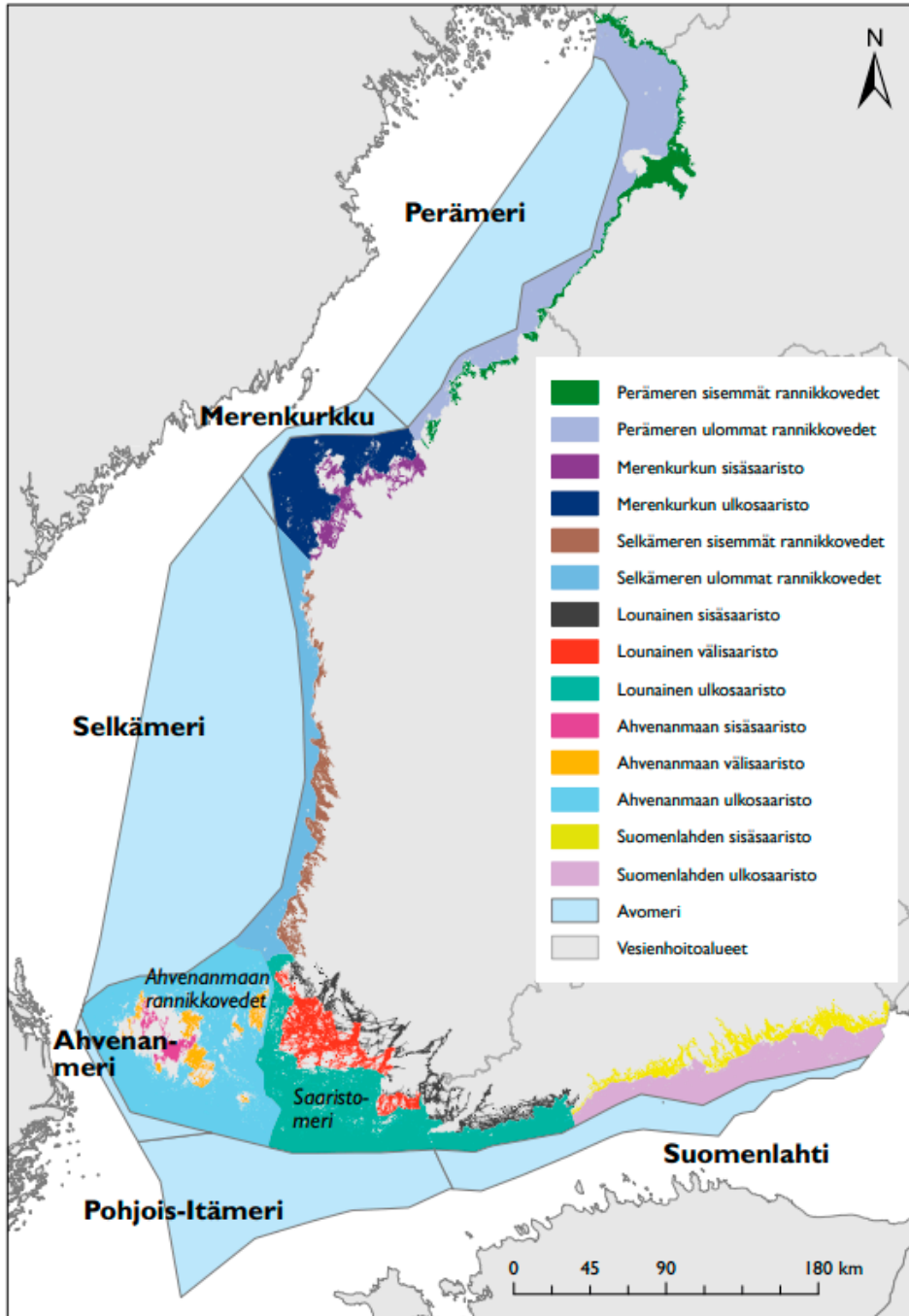
ja sen jälkeen näiden keskiarvot yhdeksi luvuksi. Indikaattorien luotettavuus koostuu kahdesta tekijästä: kynnysarvon tuottamiseen käytetyn menetelmää ja indikaattoriarvioon käytetyn havaintoaineiston määrää kuvaavista luvuista. Näitä ei kolmannella luokittelukaudella kyetty tuottamaan rannikkovesien indikaattoreille. HEATin luotettavuusarviota on kolmannen luokittelukauden jälkeen kehitetty niin että se huomioi erikseen spatiaalisen, temporaalisen, menetelmällisen ja tarkkuuteen liittyvät luotettavuudet. Nämä olisi hyvä tuottaa myös rannikkovesien indikaattoreille neljännellä luokittelukaudella, mikä olisi mahdollista edellä mainitun toiselle luokittelukaudelle kehitetyn klorofyllin tilanluokan luotettavuutta tutkivan mallin avulla (Kotamäki ym. 2019).

WATERS työkalussa määritetään yksittäisille indikaattoreille, laatutekijöille (indikaattoriryhmille) ja kokonaistilalle luokkien todennäköisyysjakaumat. Niitä käytetään kuvastamaan tilanarvion luotettavuutta, sekä kokonaisuutena että eri hierarkkisilla tasoilla.

4.4 Mittakaavavertailu: vesimuodostumat ja vesityypit

Rannikkovesien tilaa arvioidaan vesimuodostumatasolla, sekä useista vesimuodostumista koostuvalla vesityyppitasolla (Kuvio 20). Ensin mainittu toimii mittayksikkönä vesienhoidon ekologisen tilan määrittämisessä, kun taas jälkimmäistä käytetään merenhoidon ja HELCOMin Itämerenlaajuisessa tilanarviossa. Suomen meriympäristön tilanarviossa rannikkovesien vedenlaatua on arvioitu sekä vesimuodostumittain että vesityypeittäin (Korpien ym. 2018). Vesityyppitasolla tehdyn tilanarvion etu on se, että rannikon tilasta saadaan selkeä kokonaiskuva (Taulukko 15). Tästä on hyötyä etenkin tarkasteltaessa tuloksia koko Itämeren tasolla. Rannikon vesityypit ovat kuitenkin hyvin heterogeenisiä, ja vesimuodostumien tila voi vaihdella huomattavasti pienienkin vesityyppien sisällä, kuten HEAT-analyysi Merenkurkun sisäsaariston esimuodostumien rehevöitymistilasta osoittaa (Taulukko 15). Vesimuodostumatasolla tehty tilanarvio on tästä syystä helpompi linkittää meren tilan parantamistoimenpiteisiin.

Kuvio 20. Suomen rannikkovesityypit ja avomerialueet. Lähde: Korpinen ym. 2018.



Taulukko 15. HEAT3-työkalulla tehty tilanarvio jaksolle 2012–2017 rannikon vesityypeittäin sekä vesimuodostumittain esimerkkivesityypissä (Mu, Merenkurkun ulkosaaristo). ER: Rehevöitymistilan kokonaisarvo ER.C1-ER.C3: Rehevöitymistila kriteeriryhmittäin (C1= ravinteet, C2= rehevöitymisen suorat vaikutukset, C3= rehevöitymisen epäsuorat vaikutukset), heikoin: heikoimmassa tilassa oleva, kokonaistilan määräävä kriteeriryhmä, luokka: rehevöitymistilan luokka (1= huono, 2=välttävä, 3= tyydyttävä, 4= hyvä, 5= erinomainen).

tyyppi	ER.C1	ER.C2	ER.C3	heikoin	ER	luokka
Lounainen sisäsaaristo	1,38	2,23	1,09	ER.C2	2,23	1
Lounainen ulkosaaristo	1,2	1,93	0,92	ER.C2	1,93	2
Lounainen välisaaristo	1,12	2,06	0,94	ER.C2	2,06	1
Merenkurkun sisäsaaristo	1,27	1,73	0,89	ER.C2	1,73	2
Merenkurkun ulkosaaristo	0,88	1,04	0,97	ER.C2	1,04	3
Perämeren sisemmät rannikkovedet	1,15	1,54	1,17	ER.C2	1,54	2
Perämeren ulommat rannikkovedet	0,94	1,19	1,29	ER.C3	1,29	3
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	1,03	1,72	0,83	ER.C2	1,72	2
Selkämeren ulommat rannikkovedet	1,04	1,33	0,79	ER.C2	1,33	3
Suomenlahden sisäsaaristo	1,2	1,79	1,19	ER.C2	1,79	2
Suomenlahden ulkosaaristo	1,08	1,68	1,28	ER.C2	1,68	2

vesimuodostuma	ER	heikoin	luokka
3_Mu_050	1,34	ER.C2	3
3_Mu_070	1,05	ER.C2	3
3_Mu_080	2,35	ER.C2	1
3_Mu_090	0,72	ER.C2	4
3_Mu_100	0,93	ER.C2	4
3_Mu_110	1,12	ER.C2	3
3_Mu_120	1,65	ER.C2	2
3_Mu_130	1,36	ER.C2	3

Avomerialueiden tila määritetään HELCOM tilanarviyksiköille. Suomen aluevesiin, ja rannikon vesityyppeihin rajoittuu kuusi tilanarviyksikköä: SEA-012 Pohjoinen Itämeri, SEA-013 Suomenlahti, SEA-014 Ahvenanmeri, SEA-015 Selkämeri, SEA-016 Merenkurkku ja SEA-017 Perämeri. Avomeren tilanarviyksiköiden rajat eivät kaikilla alueilla sovi saumattomasti rannikon vesityyppeihin; muun muassa Lounaisen ulkosaariston vesityyppi rajoittuu sekä SEA-013 Suomenlahteen että SEA-014 Pohjoiseen Itämereen. Tämä johtaa joihinkin tulkintavaikeuksiin Itämerenlaajuisessa tilanarviossa, ja voitaisiin korjata muuttamalla joko rannikon vesityyppien tai HELCOM avomeren tilanarviyksiköiden rajausta. Yksi ratkaisu olisi avoimen Suomenlahden jakaminen useampaan tilanarviyksikköön, mikä helpottaisi myös rehevöitymisen osalta gradienttisen avomerialueen tilan määrittämistä.

4.5 Asiantuntija-arvion rooli

Aineistoihin perustuvien laskennallisten luokitustulosten ei ole katsottu voivan kaikissa tapauksissa edustaa koko vesimuodostumaa ilman laajempaa vaikutusarviointia.

Vesienhoidon ekologisen- tilanarvion biologisten ja fysikaaliskemiallisten laatutekijöiden lopullinen luokitus sekä ekologisen tilan luokitus määräytyvät asiantuntijan tekemän arvion tuloksena. Asiantuntija-arvion käyttöön on päädytty, koska on nähty, että mm. aineiston ajallisen ja alueellisen vähäisyyden, suuren luontaisen vaihtelun ja kriteeristön puutteellisuuden vuoksi luokituspäätös tulisi tehdä perustuen monipuoliseen harkintaan (Aroviita ym. 2019).

Laatutekijöiden arvioidussa luokassa huomioidaan laskennallisten tulosten luotettavuus, sekä ajallinen ja paikallinen edustavuus, ja voidaan huomioida myös tukevia parametrejä, kuten klorofyllin satelliittihavaintoja. Luokkien alarajoilla arviossa noudatetaan varovaisuusperiaatetta. Ekologisen tilan luokitus määräytyy ns. yhdenmetyllä tarkastelulla, jossa otetaan huomioon indikaattoriryhmien laskennalliset ja arvioidut luokat, yleinen vedenlaatu, hydro-morfologinen muuttuneisuus ja kuormitus. Arvioiden perustelut dokumentoidaan luokituksen yhteydessä HERTTA-ympäristötiedonhallintajärjestelmään. Tarkempi kuvaus yhdenmetystä tarkastelusta on SYKE raportissa 37 (Aroviita ym. 2019).

Asiantuntija-arviolla oli kolmannella luokittelukaudella vaikutusta rannikon vesimuodostumien luokitustuloksiin. Arvio nosti biologisten laatutekijöiden luokitusta 10 vesimuodostumassa ja laski 34 vesimuodostumassa yhteensä 192 vesimuodostumasta, joilla oli laskennallinen biologinen luokitus. Yhdenmetyllä tarkastelulla annettu ekologinen tila vastasi pitkälti arvioitua biologista tilaa, sillä ekologinen tila oli suurempi kuin arvioitu biologinen tila vain yhdessä ja pienempi kuin arvioitu biologinen tila vain kahdessa vesimuodostumassa niistä yhteensä 92 vesimuodostumasta, joille oli erikseen määritetty arvioitu biologinen tila. Laskennalliseen biologiseen tilaan verrattuna ekologinen tila

oli matalampi 61 vesimuodostumassa, yhtä suuri 113 vesimuodostumassa ja korkeampi 18 vesimuodostumassa.

4.6 Kriittisen indikaattorin tunnistaminen

Klorofylli oli kolmannella luokittelukaudella heikoimmassa tilassa oleva eli kriittinen biologisten olosuhteiden indikaattori suurimmassa osassa vesimuodostumia lähes kaikissa vesityypeissä (Taulukko 16). Ainoastaan Perämeren ulkosaaristossa pohjaeläinindikaattori oli kriittinen indikaattori yhtä monessa vesimuodostumassa kuin klorofylli. Klorofyllin asema kriittisenä indikaattorina näkyi myös HEAT aikasarja-analyyseissä, joissa klorofylli oli usein heikoimmassa tilassa oleva indikaattori (Kuvio 6). Lisäksi HEAT-työkalulla tehdyssä tilanarviossa kriteeri ”suorat vaikutukset”, johon klorofylli kuuluu, oli heikoimmassa tilassa oleva indikaattoriryhmä suurimmassa osassa vesimuodostumia, kun taas ravinteet olivat heikoimmassa tilassa vain yksittäisissä vesimuodostumissa (Taulukko 13).

Taulukko 16. Heikoimmassa tilassa oleva biologisten olosuhteiden indikaattori vesienhoidon ekologisen tilan arvioissa kolmannella luokittelukaudella (2012–2017). Taulukossa näytetään, kuinka monessa vesityypin vesimuodostumista kyseinen indikaattori on huonoimmassa tilassa. (Indikaattorit: BBI= pohjaeläimet, Fucus= rakkohaurun alaraja, Klor= klorofyllipitoisuus, biom= kasviplanktonbiomassa).

Vesityyppi	BBI	Fucus	Klor (+biom)	BBI & klor	Klor & Fucus	Yht.
Suomenlahden sisäsaaristo	6		17	8		31
Suomenlahden ulkosaaristo	1		3	1		5
Lounainen sisäsaaristo	3	1	34	7	2	47
Lounainen välisaaristo	1	4	5	3		13
Lounainen ulkosaaristo	1		7(+2)		1	11
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	2		23	2	1	37
Selkämeren ulommat rannikkovedet			7			7
Perämeren sisemmät rannikkovedet	5		24	1		30
Perämeren ulommat rannikkovedet	3		41	4		11
yht.	22	5	123(+2)	24	4	

¹ Kahdessa vesimuodostumassa klorofylli ainoa biologisten olosuhteiden indikaattori

Klorofylli-indikaattorin dominoiva rooli tarkoittaa käytännössä sitä, että kynnysarvojen saavuttaminen ravinneindikaattorien osalta ei väistämättä johda hyvään tilaan klorofyllin, ja sitä kautta biologisten laatu-tekijöiden osalta. Ilmiö on todettu Suomenlahden

vesityyppien osalta myös bayesilaisella verkostanalyysillä tehdyssä tutkimuksessa (Fernandes ym. 2012), ja voi liittyä eri tekijöihin. Yhtäältä se voi liittyä menetelmällisiin puutteisiin, kuten eri indikaattorien kynnsarvojen huonoon harmoniaan. On kuitenkin selvää, että indikaattorivalikoimalla on osuutensa asiaan: ravinneindikaattorit ilmentävät huonosti leville käyttökelpoisen ravinnemäärän osuutta, ja ravinnemuutoksiin välittömimmin reagoiva kasviplanktonin kevätukinta on jäänyt ilman indikaattoria.

5 Uuden tiedon ja menetelmien kehitystarpeet

Systemaattinen skenaariotarkastelu rannikkoalueen vesien tilan kehityksestä ja toimenpiteiden sekä muiden muutostekijöiden vaikutuksista tulevaisuudessa edellyttää korkealaatua tilanarviojärjestelmää. Tällainen järjestelmä pitää sisällään menetelmät tilan raportointiin, lähitulevaisuuden ennakoimiseen sekä pitkät skenaariot. Hyvin toimiessaan se luo puitteet oikeanlaisten toimenpideohjelmien laatimiselle. Kappaleissa 2–4 esitettyjen tulosten ja niihin liittyvien puutteiden kautta tunnistimme sekä helposti toteutettavissa olevia että haastavia kehityskohteita (taulukko 17).

5.1 Rannikon tilanarviot

Rannikon tilanarvioiden osalta tärkeimpinä kehityskohteina nähtiin indikaattorijoukon täydentäminen sellaiseksi, että se parhaiten kuvaa rehevöitymiskehitystä. Kevätkukintaa, leville käyttökelpoisessa muodossa olevien epäorgaanisten typen ja fosforin pitoisuuksia, pohjan happitilannetta sekä Perämeren osalta pohjaeläinyhteisöä toimivasti kuvaavien indikaattorien lisääminen tilanarvioon on ratkaisevaa.

Levämäärää indikoidaan vain kesän biomassalla, vaikka kevätkukinta ylittää biomassaltaan kesän levämäärän useimmissa vesimuodostumissa, ja reagoi myös nopeammin ravinteiden vähennystoimiin. Nopearytmistä kevätkukintaa kuvaava satelliittihavaintoihin perustuva indikaattori onkin kehitteillä avomerialueille osana HELCOMille tehtävää työtä, ja lähestymistapaa voitaisi soveltaa myös rannikkoalueilla.

Ravintetasoa nykyisellään kuvaavat kokonaisravinteet ilmaisevat hyvin vesipatsaassa esiintyvän ravinnevarannon, mutta eivät kuvasta leville käyttökelpoista osuutta; tähän tarkoitukseen talviajan epäorgaanisiin ravinteisiin perustuvat indikaattorit sopisivat paremmin. Epäorgaanisten ravinteiden indikaattorit ovatkin olleet pitkään käytössä avomerialueilla, ja niiden kehittäminen voitaisiin toteuttaa laskennallisesti, hyödyntäen olemassa olevaa tietoa ravinnefraktioiden osuuksista.

Pohjan happitilannetta kuvaava indikaattori on edellytyksenä merenhoidon rehevöitymisen kriteeristössä, ja sen kehittäminen ruotsalaista lähestymistapaa hyödyntäen on jo

käynnissä. Sama koskee pohjaeläinyhteisöä paremmin kuvaavan indikaattorin kehittämistä Perämeren rannikon vesimuodostumille.

Erityisesti Perämerellä ratkaisevan tärkeänä, mutta muuallakin tarpeellisenä, voidaan pitää myös näkösyvyysindikaattorin taustoittamista: jotta indikaattori on tarkka, on pystyttävä erittelemään kullakin alueella siihen tyypillisesti vaikuttavien tekijöiden osuus. Tämä edellyttää kenttätöitä ja bio-optista mallinnusta, ja on suuritöinen tehtävä.

Indikaattorikehityksen ohella tilanarvion kannalta ratkaiseva kehityskohde on luotettavuusarvion saattaminen operatiiviseksi osaksi ekologisen indikaattorilaskentaa ja ekologisen tilan arviota (van Beest ym. 2020, Nygård ym. 2020). Tilanarvion laatu vaihtelee käytävissä olevien indikaattorien ja saatavilla olevan havaintoaineiston mukaan. Tämän tiedon välittäminen päätöksenteon tueksi muuttuu entistä tärkeämmäksi siinä vaiheessa, kun tila on arvioitu hyväksi. Luotettavuusarvio on jo rutiinina avomerelle tehtävässä merenhoidon rehevöitymisen tilanarviossa, mutta se voidaan toteuttaa rannikolle vasta kun indikaattorikohtaiset rutiinit on luotu. Toistaiseksi luotettavuusarvio rannikkoalueille on tehty kerta-luontoisesti kriittisimmän indikaattorin klorofyllin osalta aiemmalla vesienhoidon raportointikaudella, mutta sitä ei toistettu viimeisimmällä kolmannella kaudella.

Avomeren tilanarvion kannalta ratkaiseva, mutta myös rannikon näkökulmasta merkittävä kehityskohde on avomeren ja rannikon tilanarviotekijöiden yhdenmukaistaminen. Tämä toteutuisi parhaiten avomerialueen jakamisella useampaan tilanarviotekijöön, sillä se palvelisi myös HELCOMille tehtävää avomeren tilanarviota.

Saaristomeren valuma-alueesta jokien ainevirtaamaseurannan piirissä on alle puolet sen pinta-alasta. Seurantatuloksien luotettavuus paranisi, mikäli ainevirtaamaseuranta ulotettiin Saaristomeren valuma-alueen länsiosassa sijaitsevalle 1–2 joelle.

Kuormitusarvioihin liittyy useita eri epävarmuustekijöitä, joiden vaikutus tulosten luotettavuuteen ei ole tiedossa. Parhaiten on selvillä laboratorioanalytiikkaan liittyvät epävarmuudet, mutta mm. näytteenottoon ja laskentamenetelmiin liittyvien epävarmuuksien tarkempi määrittäminen ja viestiminen arvioiden yhteydessä olisi tarpeellista (van Beest ym. 2020, Nygård ym. 2020).

5.2 Lähitulevaisuuden ennakoiminen ja pitkät skenaariot

Rannikkomallin kehitystyötä tehdään kahdessa ympäristöministeriön rahoittamassa hankkeessa. Mallin kehitystyötä tehdään vesienhuollon tehostamisohjelmassa (MaaMeri-hanke/SYKE) ja mallialue täydennetään Merenkurkun ja Perämeren osalta kattamaan koko Suomen rannikkoalue rannikkoaluemalli-hankkeessa (SYKE). Rannikkoaluemallin

käytön kannalta mallin tausta-aineiston ja mallijärjestelmän ylläpidosta löytyy nykyisen järjestelmän suurimmat puutteet. Mallinnuksen luotettavuuden kannalta Itämeritason malleihin tarvitaan erityisesti Selkämeren ravinne dynamiikan parempi kuvaus ja yleisesti Itämeren tasolla ilmastomuutoksen vaikutusten luotettavampi arvio. Lisäksi mallista puuttuu kumulatiivisten vaikutusten arviointi. Sisäisen kuormituksen arviointi tehdään nykyisin tilastollisesti, mutta tavoitteena pitää olla sisäisen kuormituksen arviointi tunnettujen prosessien ja niihin vaikuttavien tekijöiden kautta dynaamisesti erityisesti Maa-Meri-hankkeen tulosten pohjalta. Mallista puuttuu myös veden värin vaikutus valoympäristöön, mikä tulee olemaan ongelma erityisesti Perämeren rannikkoalueen levätuotannon arvioinnissa. Myös käyttökelpoisten ravinteiden osuudet kokonaisravinteista vaihtelevat kuormituslähteistä riippuen, joten levien kasvua rajoittavien ravinteiden arviointiin on kiinnitettävä huomiota.

Valuma-alueen kuormitusmallin (VEMALA) tuottamat skenaariot eivät kata kaikkia kuormituslähteissä tapahtuvia muutoksia, niihin kohdistuvia toimenpiteitä ja toimenpiteiden vaikutuksia kuormituksen vähentymiseen. Skenaarioissa pistekuormitus, laskeuma ja haja-asutuksen kuorma pysyvät nykytasolla. Skenaarioissa olisi hyvä kuitenkin huomioida mahdolliset kalanviljelyn laajentamishankkeet, jotka joillakin merialueilla paikallisesti aiheuttavat merkittävää lisäkuormitusta. Hajakuormitusarviot perustuvat osittain puutteelliseen ja vanhaan tietoon, joka pitäisi päivittää. Metsätalouden ja hulevesien kuorma ja luonnonhuhutouma muuttuvat VEMALA-mallin tuottamissa skenaarioissa ainoastaan valunnan muutosten mukaisesti. Uusimpien tutkimustulosten mukaan vanhoilta ojitusalueilta tuleva kuormitus on aikaisempaa arvioitua suurempi, mikä myös on huomioitu VEMALAn kuormitusarvioissa. Mikäli kasvava suuntaus jatkuu, tulevaisuudessa metsätaloudesta tuleva kuorma saattaa olla suurempi, kuin mitä pelkästään valunnan muutosten perusteella arvioidut kuormat ovat. Tanskalaisten tutkimusten perusteella hulevesien mukana tuleva ravinnekuormitus on paikoitellen kymmenkertainen aikaisempiin arvioihin verrattuna (Lars Svendsen, suullinen tiedonanto). Suomessa tieto hulevesien kuormituksesta on hyvin puutteellista ja kaipaasi siksi uusia tutkimustuloksia.

VEMALA-mallin tuottamia jokien ainevirtaamatuloksia verrataan ajoittain jokien ainevirtaamien seurantahankkeesta saatuihin laskentatuloksiin. Tämän vertailun ja mahdollisten eroavuuksien taustalla olevien tekijöiden selvittämisen tulisi olla säännöllisempää ja perusteellisempää. Esimerkiksi VEMALA-mallitulosten mukaan Perämerellä typen hajakuormitus on lievästi laskenut, mutta typen kokonaiskuormituksessa ei ole tapahtunut muutosta. Jokien ainevirtaamaseurannan ja MetsäVesi-hankkeen tulokset kuitenkin osoittivat, että turvemailta vesistöihin päätyvä typpikuorma on kasvanut ja siten myös Perämereen tuleva typpivirtaama on kääntymässä kasvuun. Yleisesti ottaen seurantalokset ja VEMALA-mallin tulokset eroavat eniten Saaristomerellä, jonka alueella vain neljä jokea on mukana ainevirtaamaseurannassa kattaen alle puolet Saaristomereren pinta-alasta. Seurannan kattavuuden kasvattaminen Saaristomerellä lisäisi seurantatulosten

luotettavuutta. Maatalouden eri tuotantovaihtoehtojen sisällyttäminen VEMALA-mallin skenaariohin olisi oleellista.

Tässä hankkeessa toteutettuja skenaarioita olisi mahdollista kehittää ottamalla huomioon maatalouden lisäksi mahdolliset muutokset myös muiden ihmistoimintojen kuormituksessa. Myös maatalouden osalta olisi mahdollista toteuttaa skenaarioita erilaisilla tuotantovaihtoehtoilla, kuten mitä vaikuttaisi, jos kasvisruokavalio yleistyisi laajamittaisesti. Kuormitusarvioita maatalouden eri skenaarioilla on tehty aikaisemmin esimerkiksi Marisplan-hankkeessa ja tehdään meneillään olevassa BlueAdapt-hankkeessa. Skenaarioissa olisi tarpeen olla myös arvio vesienhoidossa suunnitelluilla toimenpiteillä saavutettavissa olevasta kuormitustasosta ja millaisen epävarmuuden pidemmällä jaksolla muuttuva ilmasto ja lyhyemmällä jaksolla, esimerkiksi tarkasteltaessa seuraavaa 10 v jaksoa, sään normaali vaihtelu aiheuttaa kuormitukseen. Tämän toteuttaminen niin, että skenaario pysyy ajan tasalla sitä mukaa kun suunniteltuja toimenpiteitä päivitetään, edellyttäisi toimenpiteiden tietojen automaattista siirtoa VEMALA-malliin. Lisäksi tiedot jo toteutetuista toimenpiteistä erityisesti maataloudessa ovat puutteellisia. Niiden saatavuus käyttökelpoisessa muodossa ja käyttöönotto mallilaskennassa tulisi tehdä.

Taulukko 17. Kappaleissa 2–4 esitettyjen tulosten ja niihin liittyvien puutteiden kautta tunnistetut kehityskohteet. Kehityskohteet on luokiteltu tilanraportointia, lähitulevaisuuden ennusteita tai pitkiä skenaarioita tukeviksi. Kehityskohteista ilmaistaan myös perustelu, luokittelu sen mukaan miten paljon niillä on mahdollista vähentää järjestelmässä esiintyvää epävarmuutta, lyhyt ratkaisu kehitystavasta, toteutuksen monimutkaisuus / työläys sekä raportin kappale jossa tulee esille.

Luokka (pitkät skenaariot, lähitulevaisuuden ennakoiminen, tilan raportointi)	Kehityskohde	Perustelu, miksi tarvitaan	Paljonko vähentää epävarmuutta (ratkaiseva, tarpeellinen)	Ratkaisu, miten kehitetään	Toteutuksen monimutkaisuus (1= laaja tutkimus- tai muu hanke, 2= suppea tutkimus- tai selvityshanke, 3= yksinkertainen tekninen toteutus / selvitys tai käynnissä oleva hanke)	Viitataan raportissa (luvut)
Tilan raportointi	Kevätkukintaindikaattori tilanarvioon	1) Saadaan kokonaisvaltainen kuva rehevöitymiskehityksestä, 2) nähdään välittömämmin kuormitusvähennyksen vaikutukset rannikon tilassa	Ratkaiseva	Mallinnetaan kynnysarvot (lähestymistapa ja monitorointi on olemassa), onnistuu nykyisellä mallilla	3	4.1
Tilan raportointi	Pohjan happi-indikaattori tilanarvioon	1) Tilanarvio täyttää direktiivin määrittelemät vaatimukset, 2) parantaa tilanarvion laatua	Ratkaiseva	Kehitetään indikaattori (aiho jo tekeillä), määritetään kynnysarvot	3	4.1
Tilan raportointi	Tilanarvion luotettavuusarvio	Epävarmuuden ja luotettavuuden viestiminen osana päätöksenteon tueksi tuotettuja lopputuotteita on niiden korkean laadun edellytys, ja edistää mm. oikeinsuunnattujen toimenpideohjelmien laatimista (van Beest et al. 2020, Nygård et al. 2020).	Ratkaiseva	Kotamäki et al. (2019) kertaluotoisesti toteuttaman analyysin saattaminen operatiiviseksi	2	4.3
Tilan raportointi	Avoimen Suomenlahden jakaminen useampaan HELCOM tilanarvioyksikköön	1) Rannikon ja avomeren tilanarvion yhtenäistäminen, 2) avomeren tilanarvion laadun parantaminen	Ratkaiseva avomerialueiden osalta	Määritetään fysiokemiallisilta ominaisuuksilta sopivat uudet yksiköt ja käydään neuvottelu HELCOM-ryhmissä.	2	4.4
Tilan raportointi	Pohjaeläinindikaattorin kehittäminen paremmin soveltuvaksi erityisesti Perämeren tilanarvioon	Nykyinen BBI indikaattori on herkkä pohjaeläimistön luonnolliselle vaihtelulle erityisesti Perämeren vähälajisissa pohjaeläinyhteisöissä.	Ratkaiseva Perämerellä	Ruotsissa kehitettyä, todennäköisyyksiin perustuvaa pBQI indikaattoria ollaan alustavasti testaamassa. Jos pBQI osoittautuu lupaavaksi, tulisi kerätä baseline aineistoa ja tehdä tarkempi validointi, sekä mahdollisesti laajentaa testaukset koko rannikkoalueelle.	3	2.4
Tilan raportointi	DIN ja DIP indikaattorit tilanarvioon (kokonaisravinteiden rehevöitymisen indikaattorina käytön arviointi)	Kertoo paremmin rehevöitymisprosessista, linkittää ravinteet levämäärään	Tarpeellinen	Määritetään kynnysarvot	3	4.1
Tilan raportointi	Näkösyysindikaattoriin vaikuttavien tekijöiden määrittäminen	Parantaa tilanarvion laatua	Tarpeellinen erityisesti Perämerellä; Ratkaiseva jos halutaan näkösyvyys malliin mukaan	Määritetään vaikuttavat tekijät eri alueilla, bio-optinen mallinnus	1	4.1
Tilan raportointi	Saaristomeren jokien ainevirtaamien seurannan kattavuuden lisääminen	Saaristomeren valuma-alueesta jokien ainevirtaamaseurannan piirissä on alle puolet sen pinta-alasta. Seurantatuloksien luotettavuus paranisi, mikäli ainevirtaamaseuranta ulotettaisiin Saaristomeren valuma-alueen länsiosassa sijaitsevalle 1–2 joelle. Tämän puutteen vuoksi VEMALA-tulokset poikkeavat monitoroituista.	Tarpeellinen	Sovitaan (SYKE - VARELY 1–2 uudesta seurantajoesta Saaristomeren valuma-alueen länsiosaan.	3	5.1
Tilan raportointi	Kuormitusarvioiden epävarmuuksien määrittäminen	Epävarmuuden ja luotettavuuden viestiminen osana päätöksenteon tueksi tuotettuja lopputuotteita on niiden korkean laadun edellytys, ja edistää mm. oikeinsuunnattujen toimenpideohjelmien laatimista (van Beest et al. 2020, Nygård et al. 2020).	Tarpeellinen	Laboratorion epävarmuudet tiedossa, muista lähteistä tuleva epävarmuus selvitettävä: näytteenotto, laskentamenetelmä ym	1	5.1

Luokka (pitkät skenaariot, lähitulevaisuuden ennakoiminen, tilan raportointi)	Kehityskohde	Perustelu, miksi tarvitaan	Paljonko vähentää epävarmuutta (ratkaiseva, tarpeellinen)	Ratkaisu, miten kehitetään	Toteutuksen monimutkaisuus (1= laaja tutkimus- tai muu hanke, 2= suppea tutkimus- tai selvityshanke, 3= yksinkertainen tekninen toteutus / selvitys tai käynnissä oleva hanke)	Viitataan raportissa (luvut)
Lähitulevaisuuden ennakoiminen	Rannikkoaluemallin täydentäminen Merenkurkkuun ja Perämerelle	Koko rannikkoalueen mallinnuksen mahdollisuus	Ratkaiseva	YM Rannikkoaluemalli-hanke 2020–2022 (SYKE)	3	5.2
Lähitulevaisuuden ennakoiminen	Nykyisen mallijärjestelmän parantaminen 1) vaikutukset pohjaan ja kumulatiiviset vaikutukset	Pohjan tilan arviointi malleilla; pohjan ravinne-dynamiikan mallinnus; vuosien kuluessa kasaantuvien vaikutusten arviointi eräiden tilaindikaattorien muutoksien ennakoinnissa	Ratkaiseva	TK-tyyppiset hankkeet	2	5.2
Lähitulevaisuuden ennakoiminen	Nykyisen mallijärjestelmän parantaminen 2) uusien muuttujien lisääminen: näkösyvyys	Edellytys tilanarvion mallintamiselle: Fucus ja muu makrokasvillisuus	Tarpeellinen	TK-tyyppiset hankkeet	2	5.2
Lähitulevaisuuden ennakoiminen	Ravinteiden käyttökelpoisuuden tarkempi määrittäminen kuormituksessa	Kokonaisravinteet sopivat huonosti vaikutusten arviointiin, sillä kaikki ravinnefraktiot eivät ole yhtälailla leville käyttökelpoista	Ratkaiseva	Tutkimushankkeet	2	5.2
Lähitulevaisuuden ennakoiminen	Sisäisen kuormituksen parempi arviointi	Sisäisen kuormituksen osuus on huomattava; nykyiset arviot perustuvat puutteelliseen aineistoon	Ratkaiseva	Saaristomerellä YM MaaMeri-Hanke (SYKE)	3	5.2
Lähitulevaisuuden ennakoiminen	Mallien (FICOS ja VEMALA) ylläpito ja aineistojen koonti mallikäyttöön	Mallien ylläpito ja aineistojen koonti on tapahtunut hankkeissa; pitkäjänteistä toimintajärjestelmää ei ole luotu	Tarpeellinen	Ylläpidon ja muun tuen vastuuttaminen ja resursointi	3	5.2
Pitkät skenaariot	Ilmastonmuutoksen alueellinen mallintaminen	Yleistä malleista paikallisiin siirtyminen	Ratkaiseva	Globaalien mallien tarkentaminen tutkimushankkeissa	1	5.2
Pitkät skenaariot	Nykyisen mallijärjestelmän parantaminen 3) uusien muuttujien lisääminen: hiili	Ilmastonmuutoksen seuraaminen, pohjan hapenkulutus, hiilinielu/-lähte	Tarpeellinen	TK-tyyppiset hankkeet	1	
Pitkät skenaariot	Mallien (erityisesti FICOS ja VEMALA) luotettavuuden arviointi	Malleihin liittyy aina epävarmuuksia sekä alueellisen jakauman että tulosten suhteen	Ratkaiseva	Tutkimushankkeet	2	
Pitkät skenaariot	Itämeren ravinne-dynamiikan mallinnuksen parantaminen	Avomerivaikutuksen arviointi	Tarpeellinen	Kansainvälinen mallinnuskehitys	1	5.2
Pitkät skenaariot	Haja-asutuksen kuormitusarvioiden tarkentaminen	Hajakuormituksesta tulevan ravinnekuorman vähentämiseksi on tehty paljon vesiensuojelutoimenpiteitä. Tämän johdosta pitäisi myös kuormitusarviot päivittää.	Tarpeellinen	Tutkimushankkeet		5.2
Pitkät skenaariot	Hulevesien kuormitusarvioiden tarkentaminen	Suomesta Itämereen tulevan hulevesikuormitusta on valtakunnallisesti tutkittu vain vähän ja siksi tarvitaan uudet kuormitusarviot.	Tarpeellinen	Tutkimushanke, jossa mukana kaikki asiaa selvittelleet tahot (SYKE, Helsingin kaupunki, Aalto yliopisto, Helsingin yliopisto...)	1	5.2
Pitkät skenaariot	VEMALA-tulosten ja ainevirtaamaseurantatulosten säännöllisempi vertaaminen ja erojen syiden selvittäminen.	Välillä mallitulokset ja seurantatulokset poikkeavat huomattavasti toisistaan. Kuormitusmuutosten seurannan kannalta olisi tärkeää, että nämä erot havaitaan mahdollisimman aikaisin ja erojen taustalla olevat tekijät selvitetään.	Tarpeellinen	Vuosittain toteutettava tulosten vertailu	3	5.2
Pitkät skenaariot	Maatalouden eri tuotantovaihtoehtojen sisällyttäminen VEMALA-mallin skenaarioihin.	Maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden lisäksi myös ihmisten ravintotottumuksilla on suuri vaikutus ravinnekuormitukseen. Tämä tulisi sisällyttää VEMALA-skenaarioihin.	Tarpeellinen	Mallin laajentaminen	2	5.2

6 Menetelmäkuvaukset

6.1 Kuormitusmalli

Kuormitusosiossa arvioidaan rannikkovesiin tulevan ravinnekuormituksen suuruus tällä hetkellä (vuosien 2010–2019 keskiarvona) ja eri ilmasto- ja maankäyttöskenaarioilla vuoteen 2050. Rannikkovesien tila määrytyy maalta (eli valuma-alueelta), mereltä (eli sisäistä ravinnevarastoista) ja ilmasta (eli laivoista ja maalta peräisin olevasta typpilaskeumasta). Maalta tuleva kuormituksen nykytilan arviointi ja skenaariotarkastelut toteutetaan SYKEN VEMALA-mallilla, joka tuottaa kaikille Suomen vesistöalueille arvion ihmistoimintojen aiheuttamasta kuormituksesta sektorikohtaisesti ja luonnonhuuhtouman, mukaan lukien rannikkoalueen. Malli sisältää myös YLVA-tietokannan pistekuormitustiedot ja siihen lisätään lisäksi Ahvenanmaan kuormitustiedot. Ulkomereltä tuleva sisäisten ravinnevarastojen tuottama kuormitus arvioidaan Ilmatieteenlaitoksen RCO-SCOBI -mallilla. Ilmasta tuleva typpikuorma saadaan EMEPin ja Ilmatieteenlaitoksen laskeumamalleista.

Kuormituskehitys vuoteen 2050 arvioidaan kolmen eri ilmastonmuutosskenaarion avulla. Ilmastonmuutosvaikutus otetaan huomioon siten paljonko muuttuva ilmasto ja sään normaali vaihtelu vaikuttaa kuormitukseen kustakin kuormituslähteestä ja kuormituksen kulkeutumiseen/pidättymiseen sisävesissä. Maatalouden kuormituksessa tapahtuvia muutoksia arvioidaan kipsikäsittelyn ja muiden maatalouden toimenpiteiden kautta. Maatalouden toimenpiteet sisältävät (kipsikäsittelyn lisäksi) tarkennetun lannoituksen ja lietteen sijoituksen käyttöönoton, maksimimääräisen talviaikaisen kasvipeitteisyyden sekä kerääjäkasvit. Erilaisia skenaarioita (ilmastonmuutos/maatalouden toimenpiteet) on fosforille seitsemän ja typelle kuusi: ilmastonmuutosskenaariot nykymaataloudella (3 kpl), ilmastonmuutosskenaariot maatalouden toimenpiteillä (3 kpl) ja keskimääräinen ilmastonmuutos yhdistettynä kipsikäsittelyyn. Eri merialueiden sisäisten ravinnevarastojen aiheuttaman kuormituksen oletetaan vähenevän Murray ym. (2019) mukaisesti.

Tulokset tukevat HELCOMin ravinnekuormitustavoitteiden seuraamista ja niitä hyödynnetään rannikkoaluemalleissa (työpaketti 3).

Merialueiden ravinnekuormitusta arvioitiin VEMALA-mallilla, joka on operatiivinen, koko Suomen kattava ravinnekuormitusmalli vesistöille (Huttunen ym. 2016). Se simuloi ravinteiden prosesseja, huuhtoutumista ja kulkeutumista maalla, joissa ja järvissä. Malli simuloi ravinteiden kokonaiskuormaa vesistöihin, pidättymistä ja Suomen vesistöistä Itämereen lähtevää kuormaa. VEMALA koostuu pääosin kahdesta osamallista: hydrologiaa simuloivasta WSFS-mallista ja ravinneprosesseja simuloivasta VEMALA-mallista.

Peltojen ravinnekuormitus lasketaan lohkokokohtaisesti ICECREAM-mallilla, joka on integroitu osaksi VEMALA-mallia.

VEMALA-mallissa ravinnekuormitus sisävesiin jaetaan seuraaviin kuormituslähteisiin:

- peltoviljely
- metsätalous
- haja-asutus, erikseen vakituinen haja-asutus ja loma-asunnot
- pistekuormitus
- laskeuma
- hulevesi
- luonnonhuuhtouma metsistä
- luonnonhuuhtouma pelloilta

Näiden osatekijöiden kuormitus sisävesiin lasketaan vesimuodostumittain. Ravinteiden kulkeutuminen ja pidäytyminen vesistöissä simuloidaan niin, että lopputuloksena saadaan mereen kulkeutuva kuorma jaettuna eri kuormituslähteiden osuuksiin merialueittain (kuviot 10 ja 11).

6.2 Rannikomalli

Kokonaiskuormitusmalli yhdistää FICOS-vedenlaatumallin muihin kehitettyihin malleihin. FICOS-vedenlaatumalli laskee typpi- ja fosforiravinteiden lisäksi leväbiomassan ja a-kloorofyllin pitoisuuden rannikkoalueilla päivän tarkkuudella. Vedenlaatumallia kehitettiin alun perin Saaristomerен kokonaiskuormitusmallihankkeessa (YM RaKi), mutta sitä on kehitetty sen jälkeen huomattavasti. Saaristomerен raportti on julkaistu vuonna 2015 (https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Rannikon_kokonaiskuormitusmallin_kehittaminen_ja_soveltaminen_Suomenlahdelle_ja_Selkamerelle). Samassa sivustossa on myös liitteenä rannikkoaluemallin laajennukseen Suomenlahdelle ja Selkämerelle ja Saaristomerimallin kehittämiseen tähänneen hankkeen (YM RaKi) loppuraportti vuodelta 2018.

FICOS-käyttää syötteinään ravinnekuormia, veden virtaus- ja lämpötilatietoja sekä aurinгон säteilymääriä. Valuma-aluekuormitus lasketaan Vemala-mallilla. Valuma-aluekuormitus yhdistetään rannikkoalueen pistekuormittajiin, ilmakehän aiheuttamaan kuormitukseen, sisäiseen kuormitukseen ja ulkomereltä tulevaan ulkoiseen kuormitukseen. Virtaukset, veden lämpötila ja suolaisuus on mallinnettu etukäteen jopa neljännesmerimailin (noin 460 metriä) tarkkuudella rannikkoalueesta riippuen joko COHERENS- tai NEMO-virtausmallilla. Tässä raportissa on käytetty 1 merimailin hilatarkkuutta. Vesimuodostumien kuormituslähteet on arvioitu poistamalla yksi lähde kerrallaan mallista ja vertaamalla

poiston vaikutusta nykytilanteeseen. Erilaiset valuma-alueen kuormitusskenaariot on mallinnettu muuttamalla pelkästään maalta tulevaa kuormitusta Vemala-mallinnuksen perusteella ja vertaamalla skenaarion vaikutusta rannikkovesiin suhteessa nykytilaan.

6.3 Toimenpiteiden vaikutus hapettomuuteen ja pohjaeläinten tilaan

Toimenpiteiden vaikutusta hapettomuuteen ja pohjaeläinten tilaan selvitettiin yhdistämällä FICOS rannikkomallin heinä-elokuun klorofyllitulokset vuodelle 2027 alueiden luontaista hapettomuusalttiutta kuvaavan mallin antamiin hapettomuuden esiintyvyyssarvi-oihin ja BBI pohjaeläinindikaattorin nykytilaan. Klorofyllipitoisuuden kasvu lisää pohjalle vajoavan aineksen määrää lisäten hapenkulutusta, ja tarkastelussa yli 10 % muutoksen klorofyllipitoisuudessa arvioitiin vaikuttavan merkittävästi hapettomuuteen.

Hapettomuuden muutosten tarkasteluun valittiin happimallin tuloksista ne osuudet vesimuodostumien pinta-alasta, joissa happi on toistuvasti alle 2 mg l^{-1} yli 50 % todennäköisyydellä. Jo pienten alueiden toistuva hapettomuus voi aiheuttaa merkittävää sisäistä kuormitusta, ja vesimuodostuman katsottiin olevan nykyisin riskissä hapettomuudelle, jos $> 1,5 \%$ sen pinta-alasta happimallin mukaan alitti $2 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ (Taulukko 18). Vesimuodostumien arvioitiin olevan kohonneessa hapettomuuden riskissä 2027, jos lisäksi klorofyllipitoisuuden odotetaan kasvavan $>10 \%$. Vesimuodostumien, joiden klorofyllipitoisuuden odotetaan kasvavan $>10 \%$ ja joiden pinta-alasta $0,6\text{--}1,5 \%$ alitti $2 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ sekä vesimuodostumien, joiden klorofyllipitoisuuden odotetaan laskevan $>10 \%$ ja joiden pinta-alasta $1,5\text{--}2,6 \%$ alitti $2 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ katsottiin olevan 2027 potentiaalisessa riskissä hapettomuudelle.

Taulukko 18. Arvioitu ekologisesti merkittävän hapettomuuden riski nykytilassa ja vuonna 2027. Hapettomuuden riskin taso arvioitiin FICOS rannikkomallin klorofyllipitoisuuden muutosarvioiden vuoteen 2027 ja alueiden luontaista hapettomuutta kuvaavan mallin pohjalta. Hapettomuutta tarkasteltiin sen pinta-alan osuutena vesimuodostuman pinta-alasta, missä happimallin mukaan esiintyy toistuvasti $< 2 \text{ mg l}^{-1}$ happipitoisuuksia yli 50 % todennäköisyydellä (happi toistuvasti $< 2 \text{ mg l}^{-1}$). Yli 10 % muutos klorofyllipitoisuudessa arvioitiin merkittäväksi.

Happi toistuvasti $< 2 \text{ mg l}^{-1}$	Klorofylli laskee $\geq 10 \%$	Klorofylli muutos $< 10 \%$	Klorofylli kasvaa $\geq 10 \%$
0,6–1,5 %	Ei riskiä	Ei riskiä	Potentiaalinen riski 2027
1,5–2,6 %	Potentiaalinen riski 2027	Riski	Kohonnut riski 2027
$> 2,6 \%$	Riski	Riski	Kohonnut riski 2027

Pohjan eliöstön on havaittu olevan herkkä alle $4,6 \text{ mg l}^{-1}$ happipitoisuudelle (Norkko ym. 2015), ja siten pohjaeläinten tilan muutosten tarkasteluun valittiin happimallin tuloksista ne osuudet vesimuodostumien pinta-alasta joissa happi on ajoittain alle $4,6 \text{ mg l}^{-1}$ yli 50 % todennäköisyydellä. Nykyisin BBI:n suhteen alle hyvän tilan olevien vesimuodostumien arvioitiin pysyvän alle hyvässä tilassa myös 2027. Nykyisin BBI:n suhteen hyvässä tilassa olevien vesimuodostumien katsottiin olevan nykyisin riskissä BBI:n huonolle tilalle jos $> 3,6 \%$ sen pinta-alasta alitti $4,6 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ ja kohonneessa riskissä BBI:n huonolle tilalle 2027 jos lisäksi klorofyllipitoisuuden odotetaan kasvavan $> 10 \%$ (Taulukko 19). Vesimuodostumien, joiden BBI on hyvässä tilassa, klorofyllipitoisuuden odotetaan kasvavan $> 10 \%$ ja joiden pinta-alasta 1,9–3,6 % alitti $4,6 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ sekä vesimuodostumien, joiden BBI on hyvässä tilassa, klorofyllipitoisuuden odotetaan laskevan $> 10 \%$ ja joiden pinta-alasta 3,6–6,1 % alitti $4,6 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ oletettiin olevan potentiaalisessa riskissä BBI:n huonolle tilalle 2027.

Taulukko 19. Arvioitu riski pohjaeläinindikaattori BBI:n jäämiselle alle hyvän tilan nykyisin ja vuonna 2027. Riski sille, että BBI jää alle hyvän tilan arvioitiin FICOS rannikkomallin klorofyllipitoisuuden muutos-arvioiden vuoteen 2027 ja alueiden luontaista hapettomuutta kuvaavan mallin pohjalta ottaen huomioon BBI indikaattorin nykyisen tilan eri vesimuodostumissa. Hapettomuusriskiä tarkasteltiin sen pinta-alan osuutena vesimuodostuman pinta-alasta, missä happimallin mukaan esiintyy ajoittain $< 4,6 \text{ mg l}^{-1}$ happipitoisuuksia yli 50 % todennäköisyydellä (happi ajoittain $< 4,6 \text{ mg l}^{-1}$). Yli 10 % muutos klorofyllipitoisuudessa arvioitiin merkittäväksi. Niiden vesimuodostumien, joiden BBI tila on nykyisin alle hyvän, arvioitiin pysyvän alle hyvässä tilassa vuoteen 2027.

Happi ajoittain $< 4,6 \text{ mg l}^{-1}$	Klorofyllipitoisuus laskee $\geq 10 \%$	Klorofyllipitoisuuden muutos $< 10 \%$	Klorofyllipitoisuus kasvaa $\geq 10 \%$
1,9–3,6 %	Ei riskiä	Ei riskiä	Potentiaalinen riski huonolle tilalle 2027
3,6–6,1 %	Potentiaalinen riski huonolle tilalle 2027	Riski huonolle tilalle	Kohonnut riski huonolle tilalle 2027
$> 6,1 \%$	Riski huonolle tilalle	Riski huonolle tilalle	Kohonnut riski huonolle tilalle 2027

Raja-arvojen suuruusluokat määritettiin asiantuntija-arviona ja tarkat arvot määräytyivät happimallista tuotettujen kuvaajien luokkarajoista.

Liitteet

LIITE 1 (kappaleet 2.1 ja 3.2). Eri kuormituslähteiden osuudet rannikon vesimuodostumissa.

L1 taulukko 1. Eri lähteiden osuudet typpi- ja fosforikuormasta Suomenlahden rannikon vesimuodostumissa. Taulukosta puuttuu yksittäisiä vesimuodostumia, joille kuormitustiedot eivät olleet saatavilla. Tunnus= vesimuodostuman koodi, Ekologisen tilan koodit: Hu= huono, V= välttävä, T=tyydyttävä, Hy=Hyvä, Ekologisen tilan muutos toiselta kolmannelle kaudelle: 1= luokitus parantunut yhden luokan, -1 = luokitus heikentynyt yhden luokan, Kuormituslähteet: Vemala = jokikuormitus, Sisäinen= sisäinen kuormitus, piste= suora pistekuormitus, meri= taustakuormitus avomereltä. DIN= liuennut epäorgaaninen typpi, DIP= liuennut epäorgaaninen fosfori, totN= kokonaistyyppi, totP= kokonaisfosfori.

# VPD_tunnus	Vesimuodostuman nimi	Vemala cDIN_0	Sisäinen cDIN_0	Piste cDIN_0	Meri cDIN_0	Vemala cDIP_0	Sisäinen cDIP_0	Piste cDIP_0	Meri cDIP_0	Vemala totN_0	Sisäinen totN_0	Piste totN_0	Meri totN_0	Vemala totP_0	Sisäinen totP_0	Piste totP_0	Meri totP_0
2_Ls_001	Porkkala länsi	0,587	0,031	0,014	0,318	0,121	0,193	0,002	0,667	0,537	0,011	0,007	0,427	0,391	0,102	0,003	0,495
2_Ls_002	Pikkalanlahti	0,502	0,054	0,04	0,346	0,2	0,326	0,002	0,459	0,431	0,022	0,021	0,503	0,268	0,245	0,007	0,471
2_Ls_003	Inkoo Degerö	0,232	0,049	0,024	0,625	0,048	0,198	0,001	0,74	0,162	0,016	0,011	0,787	0,091	0,143	0,003	0,754
2_Ls_004	Inkoo Fagervik	0,286	0,043	0,022	0,577	0,04	0,239	0,001	0,707	0,221	0,014	0,01	0,732	0,132	0,165	0,002	0,691
2_Ls_005	Orslandet	0,129	0,039	0,02	0,74	0,017	0,195	0,001	0,776	0,081	0,011	0,008	0,879	0,039	0,140	0,002	0,811
2_Ls_006	Barösund	0,252	0,042	0,017	0,574	0,03	0,256	0,001	0,688	0,192	0,013	0,007	0,747	0,112	0,178	0,002	0,689
2_Ls_007	Box	0,273	0,048	0,028	0,563	0,028	0,346	0,001	0,611	0,198	0,015	0,012	0,747	0,086	0,252	0,002	0,65
2_Ls_008	Sandöfjärden	0,134	0,042	0,018	0,733	0,014	0,224	0,001	0,75	0,082	0,011	0,007	0,88	0,037	0,158	0,002	0,795
2_Ls_009	Pohjanpitäjänlahti	0,884	0,030	0,044	0,004	0,169	0,808	0,003	0,008	0,931	0,015	0,028	0,007	0,46	0,517	0,009	0,007
2_Ls_010	Dragsvik	0,665	0,055	0,094	0,091	0,087	0,754	0,002	0,133	0,69	0,027	0,057	0,177	0,295	0,544	0,006	0,137
2_Ls_011	Storfjärden	0,173	0,043	0,022	0,69	0,016	0,279	0,001	0,693	0,108	0,012	0,008	0,852	0,047	0,197	0,002	0,747
2_Ls_013	Bengtsår	0,213	0,082	0,006	0,581	0,015	0,457	0	0,516	0,118	0,018	0,002	0,835	0,06	0,305	0,001	0,626
2_Ls_014	Bromarv	0,637	0,059	0	0,223	0,078	0,663	0	0,243	0,526	0,022	0	0,415	0,183	0,510	0	0,294
2_Lu_010	Porkkala-Jussarö	0,081	0,022	0,017	0,833	0,01	0,083	0,001	0,899	0,038	0,005	0,005	0,94	0,018	0,053	0,002	0,922
2_Lu_011	Upinniemenelkä	0,136	0,028	0,025	0,758	0,023	0,113	0,002	0,854	0,08	0,008	0,01	0,888	0,04	0,078	0,003	0,872
2_Lu_020	Hankoniemi	0,058	0,024	0,013	0,857	0,006	0,086	0,001	0,901	0,023	0,004	0,003	0,961	0,011	0,050	0,001	0,934
2_Lu_021	Hankoniemi W	0,1	0,037	0,007	0,796	0,008	0,164	0	0,823	0,025	0,004	0,001	0,963	0,015	0,077	0	0,906
2_Ss_001	Virolahti	0,692	0,075	0,048	0,12	0,226	0,565	0,017	0,17	0,682	0,030	0,025	0,236	0,374	0,339	0,04	0,234
2_Ss_002	Virolahden sisäsaaristo	0,293	0,044	0,007	0,609	0,048	0,251	0,002	0,687	0,185	0,012	0,003	0,788	0,109	0,125	0,004	0,756
2_Ss_003	Uolionselkä - Tammionselkä	0,184	0,045	0,02	0,706	0,022	0,308	0,002	0,659	0,098	0,014	0,008	0,867	0,04	0,187	0,004	0,763
2_Ss_004	Lupinlahti	0,707	0,056	0,119	0,058	0,412	0,376	0,007	0,167	0,769	0,030	0,081	0,087	0,606	0,220	0,016	0,136

# VPD_tunnus	Vesimuodostuman nimi	Vemala cDIN_0	Sisäinen cDIN_0	Piste cDIN_0	Meri cDIN_0	Vemala cDIP_0	Sisäinen cDIP_0	Piste cDIP_0	Meri cDIP_0	Vemala totN_0	Sisäinen totN_0	Piste totN_0	Meri totN_0	Vemala totP_0	Sisäinen totP_0	Piste totP_0	Meri totP_0
2_Ss_005	Haminanlahti	0,549	0,043	0,165	0,206	0,173	0,436	0,008	0,368	0,531	0,022	0,107	0,32	0,306	0,289	0,021	0,374
2_Ss_006	Kotkan-Haminan sisäsaaristo	0,388	0,041	0,043	0,487	0,053	0,384	0,005	0,548	0,265	0,017	0,023	0,678	0,102	0,264	0,014	0,612
2_Ss_007	Summan edusta	0,645	0,039	0,066	0,217	0,118	0,468	0,007	0,394	0,572	0,021	0,045	0,343	0,28	0,310	0,018	0,382
2_Ss_008	Salmilahti	0,859	0,034	0,015	0,063	0,336	0,424	0,005	0,214	0,894	0,014	0,008	0,073	0,717	0,156	0,007	0,112
2_Ss_009	Kotkan edusta	0,808	0,014	0,054	0,112	0,283	0,357	0,028	0,325	0,734	0,009	0,042	0,208	0,403	0,222	0,068	0,301
2_Ss_010	Kotkan edusta	0,91	0,010	0,007	0,064	0,478	0,222	0,003	0,288	0,858	0,007	0,005	0,124	0,622	0,128	0,008	0,237
2_Ss_011	Kotkan edustan sisäsaaristo	0,556	0,024	0,047	0,345	0,115	0,309	0,009	0,557	0,412	0,011	0,029	0,535	0,19	0,206	0,025	0,573
2_Ss_012	Siltakylänlahti	0,78	0,020	0,011	0,161	0,349	0,245	0,003	0,39	0,733	0,010	0,006	0,238	0,587	0,120	0,006	0,28
2_Ss_013	Parlahti	0,542	0,024	0,02	0,383	0,114	0,287	0,004	0,584	0,389	0,011	0,012	0,575	0,188	0,192	0,011	0,603
2_Ss_014	Purolanlahti	0,883	0,024	0,004	0,067	0,281	0,514	0,001	0,191	0,85	0,015	0,003	0,12	0,504	0,320	0,003	0,165
2_Ss_015	Ahvenkoskenlahti	0,886	0,018	0,003	0,078	0,348	0,374	0,001	0,266	0,826	0,011	0,003	0,152	0,539	0,221	0,003	0,231
2_Ss_016	Kullafjärden	0,889	0,018	0,003	0,073	0,453	0,337	0,001	0,2	0,843	0,011	0,002	0,133	0,586	0,222	0,002	0,183
2_Ss_017	Klobbfjärden	0,746	0,025	0,009	0,191	0,208	0,421	0,002	0,358	0,642	0,014	0,007	0,322	0,331	0,297	0,005	0,359
2_Ss_018	Loviisanlahti	0,798	0,036	0,01	0,11	0,144	0,646	0,001	0,192	0,79	0,017	0,006	0,164	0,457	0,375	0,002	0,156
2_Ss_019	Keipsalo	0,463	0,032	0,018	0,442	0,088	0,344	0,002	0,555	0,333	0,014	0,01	0,622	0,155	0,249	0,005	0,583
2_Ss_020	Pernajanlahti	0,842	0,024	0,012	0,086	0,368	0,369	0,002	0,241	0,801	0,014	0,009	0,154	0,592	0,206	0,004	0,185
2_Ss_021	Vätskär-Ölandet	0,323	0,035	0,012	0,579	0,056	0,275	0,001	0,656	0,213	0,014	0,006	0,747	0,1	0,198	0,003	0,691
2_Ss_022	Pikku Pernajanlahti	0,704	0,048	0,005	0,17	0,247	0,486	0	0,244	0,684	0,022	0,003	0,254	0,373	0,356	0,001	0,252
2_Ss_023	Seitlahti-Voolahti	0,275	0,103	0,009	0,45	0,039	0,529	0,001	0,396	0,213	0,045	0,005	0,654	0,076	0,426	0,002	0,463
2_Ss_024	Emäsalo	0,66	0,017	0,019	0,276	0,199	0,196	0,003	0,591	0,538	0,008	0,011	0,429	0,308	0,128	0,007	0,549
2_Ss_025	Sipoon saaristo	0,362	0,029	0,02	0,541	0,073	0,189	0,003	0,724	0,26	0,012	0,011	0,699	0,13	0,134	0,007	0,72
2_Ss_026	Villinki	0,36	0,030	0,018	0,542	0,087	0,161	0,002	0,737	0,26	0,012	0,009	0,7	0,126	0,116	0,005	0,744
2_Ss_027	Kruunuvuorenselkä	0,561	0,022	0,015	0,367	0,2	0,138	0,002	0,65	0,451	0,009	0,009	0,516	0,245	0,098	0,005	0,644
2_Ss_028	Seurasari	0,445	0,040	0,022	0,433	0,095	0,187	0,002	0,699	0,44	0,014	0,011	0,514	0,229	0,124	0,005	0,631
2_Ss_029	Suvisaaristo-Lauttasaari	0,28	0,031	0,035	0,604	0,059	0,137	0,003	0,79	0,204	0,011	0,017	0,749	0,098	0,098	0,007	0,789
2_Ss_030	Espoonlahti	0,835	0,021	0,006	0,102	0,243	0,375	0,001	0,354	0,839	0,008	0,003	0,135	0,669	0,136	0,001	0,182
2_Ss_031	Porkkala itä	0,164	0,026	0,035	0,725	0,027	0,103	0,002	0,858	0,103	0,008	0,015	0,859	0,049	0,072	0,005	0,867
2_Su_010	Kotka-Hamina-Virolahti ulko	0,065	0,015	0,005	0,891	0,008	0,096	0,001	0,89	0,024	0,003	0,001	0,966	0,011	0,046	0,001	0,938

# VPD_tunnus	Vesimuodostuman nimi	Vemala cDIN_0	Sisäinen cDIN_0	Piste cDIN_0	Meri cDIN_0	Vemala cDIP_0	Sisäinen cDIP_0	Piste cDIP_0	Meri cDIP_0	Vemala totN_0	Sisäinen totN_0	Piste totN_0	Meri totN_0	Vemala totP_0	Sisäinen totP_0	Piste totP_0	Meri totP_0
2_Su_020	Pyhtää-Kotka ulko	0,18	0,017	0,011	0,764	0,027	0,124	0,001	0,842	0,086	0,005	0,004	0,897	0,04	0,074	0,003	0,879
2_Su_030	Loviisa-Porvoo	0,185	0,020	0,01	0,749	0,028	0,127	0,001	0,836	0,097	0,006	0,004	0,882	0,045	0,083	0,002	0,864
2_Su_040	Porvoo-Helsinki	0,172	0,020	0,018	0,749	0,027	0,102	0,002	0,861	0,099	0,006	0,008	0,874	0,046	0,070	0,004	0,875
2_Su_050	Helsinki-Porkkala	0,162	0,021	0,035	0,739	0,027	0,088	0,003	0,875	0,096	0,006	0,015	0,87	0,044	0,061	0,006	0,884

L1 taulukko 2. Eri lähteiden osuudet typpi- ja fosforikuormasta Lounaisen saariston vesimuodostumissa. Taulukosta puuttuu yksittäisiä vesimuodostumia, joille kuormitustiedot eivät olleet saatavilla. Tunnus= vesimuodostuman koodi, Ekologisen tilan koodit: Hu= huono, V= välttävä, T=tydyttävä, Hy=Hyvä, Ekologisen tilan muutos toiselta kolmannelle kaudelle: 1= luokitus parantunut yhden luokan, -1 = luokitus heikentynyt yhden luokan, Kuormituslähteet: Vemala = jokikuormitus, Sisäinen= sisäinen kuormitus, piste= suora pistekuormitus, meri= taustakuormitus avomereltä. DIN= liuennut epäorgaaninen typpi, DIP= liuennut epäorgaaninen fosfori, totN= kokonaistyyppi, totP= kokonaisfosfori.

VPD_tunnus	Vesimuodostuman nimi	Vemala cDIN_0	Sisäinen cDIN_0	Piste cDIN_0	Meri cDIN_0	Vemala cDIP_0	Sisäinen cDIP_0	Piste cDIP_0	Meri cDIP_0	Vemala totN_0	Sisäinen totN_0	Piste totN_0	Meri totN_0	Vemala totP_0	Sisäinen totP_0	Piste totP_0	Meri totP_0
2_Ls_013	Bengtsår	0,489	0,162	0,002	0,195	0,068	0,752	0,000	0,162	0,432	0,065	0,001	0,441	0,19	0,592	0,000	0,204
2_Ls_014	Bromarv	0,663	0,063	0,003	0,155	0,088	0,629	0,000	0,255	0,539	0,029	0,001	0,378	0,284	0,43	0,001	0,266
2_Lu_020	Hankoniemi	0,053	0,03	0,003	0,872	0,004	0,081	0,000	0,91	0,011	0,004	0,000	0,98	0,008	0,041	0,000	0,948
2_Lu_021	Hankoniemi W	0,174	0,057	0,005	0,692	0,014	0,239	0,000	0,736	0,067	0,013	0,001	0,904	0,043	0,156	0,001	0,794
3_Ls_001	Hakkenpää - Tuulvesi	0,306	0,101	0,024	0,458	0,041	0,391	0,004	0,542	0,12	0,028	0,007	0,814	0,073	0,251	0,006	0,657
3_Ls_003	Mynälahden ulko-osa	0,809	0,045	0,008	0,092	0,275	0,397	0,009	0,295	0,629	0,028	0,006	0,309	0,398	0,264	0,008	0,314
3_Ls_004	Mynälahden sisäosa	0,893	0,04	0,003	0,024	0,451	0,403	0,003	0,113	0,828	0,031	0,002	0,107	0,58	0,271	0,003	0,125
3_Ls_005	Kirkonsalmi - Salavainen - Kol	0,409	0,091	0,037	0,357	0,057	0,456	0,005	0,46	0,212	0,035	0,015	0,696	0,109	0,34	0,007	0,527
3_Ls_006	Askaistenlahti	0,82	0,026	0,072	0,041	0,326	0,456	0,019	0,174	0,749	0,018	0,050	0,154	0,516	0,284	0,018	0,166
3_Ls_010	Kuristenlahti	0,492	0,047	0,145	0,254	0,099	0,468	0,015	0,403	0,327	0,022	0,067	0,556	0,197	0,345	0,017	0,43
3_Ls_011	Laitsalmi	0,409	0,062	0,080	0,374	0,054	0,463	0,008	0,46	0,226	0,024	0,031	0,691	0,125	0,344	0,010	0,51
3_Ls_012	Pohjois-Airisto - Kotkanaukko	0,555	0,039	0,172	0,18	0,138	0,468	0,021	0,356	0,41	0,021	0,090	0,452	0,258	0,336	0,023	0,372
3_Ls_014	Viheriästenaukko	0,561	0,025	0,279	0,099	0,229	0,42	0,048	0,288	0,493	0,015	0,172	0,298	0,376	0,283	0,047	0,283
3_Ls_015	Satama ja Ruissalon salmet	0,541	0,013	0,390	0,039	0,394	0,328	0,086	0,179	0,559	0,009	0,279	0,14	0,553	0,201	0,076	0,163
3_Ls_016	Pitkäsalmi	0,597	0,029	0,284	0,057	0,276	0,477	0,045	0,186	0,574	0,019	0,186	0,199	0,452	0,31	0,043	0,184
3_Ls_017	Hirvensalo - Kaksikerta	0,612	0,045	0,167	0,122	0,174	0,525	0,021	0,263	0,505	0,025	0,094	0,345	0,328	0,365	0,022	0,273
3_Ls_018	Kuusiston salmet ja Piikkiönla	0,723	0,056	0,072	0,09	0,195	0,572	0,010	0,202	0,62	0,032	0,042	0,272	0,384	0,386	0,010	0,205
3_Ls_019	Paimionlahti ja Paimionselän s	0,837	0,036	0,028	0,069	0,296	0,49	0,005	0,195	0,739	0,021	0,017	0,204	0,505	0,305	0,005	0,177
3_Ls_020	Vappari	0,584	0,055	0,131	0,167	0,125	0,551	0,017	0,29	0,444	0,028	0,068	0,427	0,259	0,399	0,018	0,311
3_Ls_021	Paraisten sisäsaaristovedet	0,436	0,127	0,062	0,231	0,06	0,635	0,006	0,272	0,306	0,06	0,030	0,536	0,147	0,505	0,008	0,318

VPD_tunnus	Vesimuodostuman nimi	Vemala cDIN_0	Sisäinen cDIN_0	Piste cDIN_0	Meri cDIN_0	Vemala cDIP_0	Sisäinen cDIP_0	Piste cDIP_0	Meri cDIP_0	Vemala totN_0	Sisäinen totN_0	Piste totN_0	Meri totN_0	Vemala totP_0	Sisäinen totP_0	Piste totP_0	Meri totP_0
3_Ls_023	Paimionselän keskiosa	0,745	0,051	0,028	0,131	0,178	0,544	0,004	0,261	0,599	0,028	0,015	0,334	0,366	0,369	0,004	0,252
3_Ls_024	Halikonlahden pohjoinen haara	0,88	0,051	0,005	0,024	0,224	0,707	0,001	0,055	0,853	0,033	0,003	0,085	0,474	0,462	0,001	0,055
3_Ls_025	Halikonlahden sisäosat	0,957	0,019	0,002	0,007	0,46	0,498	0,000	0,032	0,944	0,013	0,001	0,03	0,718	0,25	0,000	0,027
3_Ls_026	Halikonlahden eteläinen haara	0,893	0,037	0,007	0,028	0,217	0,695	0,001	0,074	0,845	0,023	0,004	0,106	0,49	0,426	0,001	0,075
3_Ls_027	Naantalin sataman edusta	0,661	0,028	0,186	0,083	0,239	0,45	0,034	0,258	0,575	0,017	0,118	0,264	0,401	0,299	0,033	0,254
3_Ls_028	Norrångaviken	0,424	0,095	0,026	0,335	0,058	0,508	0,002	0,41	0,257	0,038	0,011	0,647	0,146	0,384	0,004	0,449
3_Ls_029	Dragsfjärdinlahti	0,358	0,11	0,023	0,402	0,046	0,463	0,002	0,47	0,202	0,041	0,009	0,708	0,118	0,353	0,003	0,511
3_Ls_030	Vardskadsudden - Strömma	0,713	0,049	0,007	0,175	0,074	0,577	0,001	0,333	0,54	0,022	0,003	0,409	0,288	0,376	0,001	0,325
3_Ls_031	Kiriholma	0,924	0,021	0,001	0,032	0,226	0,617	0,000	0,142	0,879	0,012	0,001	0,097	0,604	0,288	0,000	0,101
3_Ls_032	Eekholmanselkä - Orvaxfjärden	0,682	0,056	0,004	0,189	0,062	0,593	0,000	0,326	0,516	0,025	0,002	0,427	0,263	0,397	0,001	0,327
3_Ls_033	Dragsfjärdin ja Västansfjärdin	0,201	0,055	0,012	0,602	0,017	0,288	0,001	0,672	0,098	0,016	0,004	0,844	0,058	0,211	0,002	0,713
3_Lu_010	Kustavin pohjoispuolinen ulkos	0,093	0,054	0,027	0,745	0,01	0,183	0,004	0,79	0,018	0,007	0,004	0,96	0,014	0,082	0,006	0,893
3_Lu_020	Iniön - Kustavin ulkosaaristoa	0,117	0,063	0,035	0,701	0,013	0,242	0,005	0,727	0,035	0,013	0,009	0,926	0,024	0,147	0,009	0,812
3_Lu_030	Korppoon - Houtskarlin ulkosaar	0,08	0,038	0,017	0,795	0,009	0,146	0,002	0,832	0,027	0,009	0,004	0,945	0,019	0,099	0,004	0,871
3_Lu_040	Gullkronan selän ulkosaaristoa	0,192	0,052	0,024	0,659	0,023	0,249	0,002	0,715	0,081	0,014	0,007	0,877	0,054	0,181	0,003	0,753
3_Lu_050	Örön ja Jurmon välinen ulkosaa	0,072	0,029	0,010	0,831	0,007	0,104	0,001	0,879	0,021	0,005	0,002	0,961	0,015	0,065	0,001	0,913
3_Lu_060	Hangan läntisen selän ulkosaar	0,112	0,041	0,009	0,777	0,009	0,15	0,001	0,831	0,035	0,008	0,002	0,944	0,024	0,093	0,001	0,876
3_Lu_070	Kihdin pohjoispuoli	0,078	0,047	0,030	0,774	0,008	0,163	0,004	0,813	0,015	0,006	0,005	0,965	0,011	0,076	0,006	0,901
3_Lv_001	Ströömi	0,168	0,064	0,058	0,614	0,019	0,277	0,009	0,678	0,052	0,014	0,015	0,9	0,033	0,16	0,017	0,78
3_Lv_002	Kustavin lännenpuoli	0,135	0,064	0,033	0,686	0,014	0,237	0,005	0,73	0,035	0,011	0,007	0,932	0,023	0,129	0,008	0,832
3_Lv_003	Velkuan - Iniön välisaaristo	0,204	0,077	0,035	0,595	0,024	0,336	0,004	0,621	0,074	0,02	0,010	0,873	0,045	0,227	0,008	0,71
3_Lv_004	Iniön pääsaarten vesialue	0,155	0,074	0,034	0,649	0,017	0,298	0,004	0,666	0,049	0,016	0,009	0,906	0,032	0,187	0,008	0,765
3_Lv_005	Houtskarlin pääsaarten vesialue	0,112	0,062	0,030	0,698	0,013	0,245	0,004	0,723	0,042	0,016	0,009	0,909	0,027	0,17	0,008	0,784
3_Lv_006	Rymättylän ja Houtskarlin välin	0,264	0,067	0,049	0,534	0,031	0,382	0,005	0,567	0,117	0,021	0,016	0,82	0,068	0,279	0,007	0,635
3_Lv_008	Hämmärönsalmi	0,516	0,047	0,063	0,313	0,064	0,439	0,007	0,475	0,311	0,019	0,026	0,618	0,178	0,307	0,010	0,494
3_Lv_009	Airisto	0,457	0,051	0,121	0,305	0,08	0,456	0,011	0,437	0,282	0,022	0,052	0,616	0,167	0,338	0,014	0,471
3_Lv_010	Iso- ja Pikku-Nauvon vesialue	0,266	0,071	0,051	0,515	0,033	0,384	0,004	0,562	0,13	0,024	0,017	0,797	0,075	0,291	0,006	0,615
3_Lv_011	Paraisten ja Nauvon välinen ve	0,36	0,061	0,055	0,446	0,049	0,402	0,005	0,529	0,19	0,022	0,020	0,74	0,113	0,301	0,007	0,568
3_Lv_012	Paimionselän ulko-osa	0,581	0,063	0,023	0,273	0,099	0,488	0,002	0,397	0,385	0,028	0,010	0,55	0,231	0,353	0,003	0,404
3_Lv_013	Dragsfjärdin ja Västansfjärdin	0,202	0,054	0,012	0,653	0,016	0,266	0,001	0,704	0,09	0,015	0,004	0,871	0,054	0,19	0,002	0,745
8_Aai_041	Bussöfjärden	0,055	0,029	0,152	0,691	0,004	0,093	0,025	0,866	0,018	0,006	0,038	0,925	0,013	0,052	0,054	0,875
8_Aam_033	Vargatafjärden	0,049	0,03	0,099	0,741	0,004	0,097	0,015	0,872	0,014	0,005	0,022	0,943	0,01	0,053	0,032	0,897

VPD_tunnus	Vesimuodostuman nimi	Vemala cDIN_0	Sisäinen cDIN_0	Piste cDIN_0	Meri cDIN_0	Vemala cDIP_0	Sisäinen cDIP_0	Piste cDIP_0	Meri cDIP_0	Vemala totN_0	Sisäinen totN_0	Piste totN_0	Meri totN_0	Vemala totP_0	Sisäinen totP_0	Piste totP_0	Meri totP_0
8_Aam_034	Simskälafjärden	0,041	0,03	0,046	0,804	0,005	0,093	0,006	0,885	0,011	0,004	0,008	0,965	0,008	0,047	0,012	0,928
8_Aam_047	Degerbyredan	0,016	0,022	0,175	0,723	0,002	0,069	0,027	0,892	0,005	0,004	0,040	0,94	0,003	0,037	0,057	0,897
8_Aam_048	Österfjärden	0,023	0,029	0,081	0,796	0,002	0,087	0,012	0,888	0,007	0,005	0,018	0,957	0,005	0,049	0,026	0,914
8_Aam_049	Embarsund	0,014	0,02	0,105	0,732	0,002	0,068	0,016	0,891	0,005	0,004	0,028	0,935	0,003	0,042	0,040	0,9
8_Aam_052	Södra Föglö innerskärgård	0,014	0,019	0,131	0,733	0,002	0,063	0,020	0,897	0,004	0,004	0,034	0,936	0,003	0,038	0,048	0,9
8_Aam_057	Enklingefjärden	0,031	0,04	0,049	0,806	0,004	0,122	0,009	0,854	0,009	0,007	0,012	0,958	0,007	0,072	0,017	0,898
8_Aam_058	Brändö innerskärgård	0,048	0,056	0,062	0,756	0,006	0,178	0,011	0,793	0,014	0,011	0,016	0,943	0,01	0,107	0,021	0,854
8_Aam_059	Ängskärsfjärden	0,052	0,065	0,055	0,748	0,006	0,192	0,008	0,781	0,014	0,011	0,012	0,949	0,01	0,106	0,016	0,86
8_Aay_038	Boxöfjärden	0,013	0,022	0,017	0,894	0,001	0,053	0,002	0,937	0,002	0,002	0,002	0,989	0,002	0,021	0,003	0,971
8_Aay_039	Norra Delet	0,022	0,025	0,019	0,876	0,002	0,071	0,003	0,915	0,004	0,003	0,003	0,984	0,003	0,031	0,004	0,958
8_Aay_040	Södra Delet	0,026	0,034	0,029	0,842	0,003	0,102	0,004	0,88	0,007	0,006	0,007	0,968	0,006	0,06	0,009	0,919
8_Aay_046	Föglöfjärden	0,018	0,022	0,092	0,805	0,002	0,062	0,013	0,914	0,004	0,003	0,018	0,965	0,003	0,032	0,026	0,933
8_Aay_051	Mosshaga-Algersö	0,026	0,028	0,029	0,851	0,003	0,084	0,004	0,9	0,008	0,005	0,007	0,968	0,006	0,052	0,009	0,927
8_Aay_053	Västergrundsfjärden	0,014	0,011	0,020	0,915	0,001	0,027	0,002	0,965	0,003	0,001	0,003	0,988	0,002	0,013	0,004	0,978
8_Aay_054	Kökarsfjärden	0,021	0,016	0,012	0,904	0,002	0,041	0,001	0,949	0,005	0,002	0,002	0,983	0,004	0,024	0,003	0,966
8_Aay_055	Kannskärsfjärden	0,036	0,023	0,010	0,872	0,004	0,071	0,001	0,916	0,01	0,004	0,002	0,973	0,008	0,044	0,002	0,941
8_Aay_056	Skiftet Södra	0,044	0,039	0,026	0,819	0,005	0,126	0,004	0,854	0,014	0,008	0,007	0,955	0,01	0,083	0,008	0,891
8_Aay_060	Skiftet Norra	0,078	0,054	0,055	0,735	0,009	0,194	0,008	0,777	0,022	0,01	0,013	0,941	0,015	0,111	0,017	0,85

L1 taulukko 3. Eri lähteiden osuudet typpi- ja fosforikuormasta Selkämeren rannikon vesimuodostumissa. Taulukosta puuttuu yksittäisiä vesimuodostumia, joille kuormitustiedot eivät olleet saatavilla. Tunnus= vesimuodostuman koodi, Ekologisen tilan koodit: Hu= huono, V= välttävä, T=tyydyttävä, Hy=Hyvä, Ekologisen tilan muutos toiselta kolmannelle kaudelle: 1= luokitus parantunut yhden luokan, -1 = luokitus heikentynyt yhden luokan, Kuormituslähteet: Vemala = jokikuormitus, Sisäinen= sisäinen kuormitus, piste= suora pistekuormitus, meri= taustakuormitus avomereltä. DIN= liuennut epäorgaaninen typpi, DIP= liuennut epäorgaaninen fosfori, totN= kokonaistyyppi, totP= kokonaisfosfori.

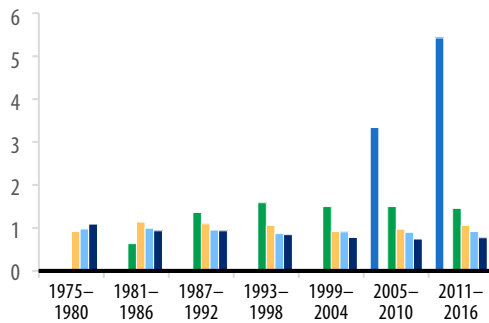
# VPD-tunnus	Vesimuodostuman nimi	Vemala cDIN_0	Sisäinen cDIN_0	Piste cDIN_0	Meri cDIN_0	Vemala cDIP_0	Sisäinen cDIP_0	Piste cDIP_0	Meri cDIP_0	Vemala totN_0	Sisäinen totN_0	Piste totN_0	Meri totN_0	Vemala totP_0	Sisäinen totP_0	Piste totP_0	Meri totP_0
3_Ses_010	Harrströmin saaristo	0,424	0,005	0,036	0,464	0,131	0,039	0,004	0,728	0,252	0,001	0,014	0,705	0,197	0,016	0,006	0,713
3_Ses_012	Nornäs	0,79	0,002	0,016	0,056	0,365	0,029	0,014	0,188	0,718	0,001	0,009	0,169	0,613	0,008	0,016	0,142
3_Ses_015	Järvöfjärden	0,931	0,001	0,002	0,019	0,611	0,025	0,002	0,129	0,855	0,001	0,001	0,089	0,798	0,006	0,002	0,079
3_Ses_016	Närpesfjärden	0,977	0,005	0,005	0,007	0,862	0,092	0,004	0,028	0,956	0,003	0,004	0,031	0,893	0,054	0,009	0,034
3_Ses_017	Pjälaxfjärden	0,917	0,007	0,011	0,013	0,552	0,209	0,011	0,062	0,886	0,004	0,008	0,053	0,75	0,074	0,016	0,051
3_Ses_019	Kristiinankaupunki länsi	0,828	0,006	0,017	0,085	0,429	0,087	0,009	0,32	0,717	0,002	0,008	0,23	0,601	0,032	0,013	0,248
3_Ses_020	Kristiinankaupunki itä	0,996	0	0	0,001	0,994	0	0	0,002	0,996	0	0	0,002	0,993	0	0	0,003

# VPD-tunnus	Vesimuodostuman nimi	Vemala cDIN_0	Sisäinen cDIN_0	Piste cDIN_0	Meri cDIN_0	Vemala cDIP_0	Sisäinen cDIP_0	Piste cDIP_0	Meri cDIP_0	Vemala totN_0	Sisäinen totN_0	Piste totN_0	Meri totN_0	Vemala totP_0	Sisäinen totP_0	Piste totP_0	Meri totP_0
3_Ses_021	Kristiinankaupunki etelä	0,899	0,003	0,01	0,068	0,765	0,024	0,004	0,181	0,795	0,001	0,005	0,188	0,751	0,014	0,008	0,208
3_Ses_022	Skaftungin edusta	0,78	0,003	0,065	0,085	0,428	0,043	0,052	0,32	0,696	0,001	0,033	0,226	0,595	0,014	0,068	0,223
3_Ses_025	Merikarvian pohjoisosan sisäsaaristo	0,889	0,002	0,005	0,07	0,424	0,033	0,002	0,436	0,806	0,001	0,003	0,173	0,722	0,009	0,003	0,225
3_Ses_026	Merikarvian edustan saaristo	0,898	0,002	0,005	0,081	0,529	0,03	0,002	0,405	0,767	0,001	0,003	0,222	0,647	0,013	0,003	0,321
3_Ses_028	Pokrunninlahti - Keikvesi	0,95	0,001	0,003	0,028	0,725	0,018	0,001	0,194	0,893	0	0,002	0,092	0,821	0,007	0,002	0,137
3_Ses_029	Gummandooran saaristo	0,895	0,002	0,006	0,082	0,261	0,06	0,003	0,626	0,735	0,001	0,004	0,252	0,622	0,018	0,004	0,341
3_Ses_030	Baablinginlahti	0,973	0,001	0,004	0,017	0,569	0,044	0,003	0,337	0,93	0	0,003	0,063	0,887	0,007	0,002	0,097
3_Ses_031	Kuuskarinselkä	0,749	0,006	0,009	0,174	0,108	0,075	0,003	0,679	0,51	0,002	0,005	0,442	0,367	0,03	0,005	0,505
3_Ses_032	Reposaaren - Outoorin alue	0,839	0,005	0,009	0,131	0,098	0,097	0,004	0,76	0,625	0,002	0,005	0,359	0,493	0,032	0,005	0,456
3_Ses_033	Eteläselkä	0,963	0,001	0,007	0,025	0,288	0,087	0,006	0,571	0,905	0,001	0,005	0,086	0,848	0,011	0,003	0,131
3_Ses_034	Pihlavanlahti - Kolpanlahti	0,987	0	0,004	0,007	0,445	0,067	0,008	0,433	0,97	0	0,003	0,026	0,951	0,004	0,002	0,041
3_Ses_035	Preiviikinlahti - Viasvedenlahti	0,884	0,003	0,007	0,068	0,197	0,097	0,004	0,54	0,743	0,002	0,005	0,219	0,63	0,026	0,004	0,266
3_Ses_036	Luvian ulkosaaristo	0,767	0,006	0,016	0,183	0,094	0,11	0,008	0,742	0,534	0,003	0,009	0,443	0,392	0,043	0,013	0,532
3_Ses_037	Luvian sisäsaaristo	0,852	0,004	0,012	0,106	0,241	0,106	0,01	0,585	0,726	0,002	0,007	0,255	0,611	0,032	0,012	0,325
3_Ses_038	Rauman ja Eurajoen saaristo	0,714	0,003	0,085	0,159	0,222	0,055	0,048	0,609	0,581	0,001	0,044	0,355	0,463	0,021	0,072	0,41
3_Ses_039	Eurajoensalmi	0,993	0,003	0	0	0,908	0,073	0	0,001	0,996	0,001	0	0	0,972	0,022	0	0
3_Ses_041	Merirauma - Nurmes	0,505	0,003	0,186	0,179	0,129	0,036	0,087	0,542	0,508	0,001	0,077	0,345	0,405	0,012	0,117	0,338
3_Ses_042	Rauman edusta	0,114	0	0,865	0,013	0,067	0,004	0,819	0,087	0,177	0	0,764	0,052	0,119	0,001	0,831	0,039
3_Ses_043	Pyhämaan saaristo	0,324	0,003	0,06	0,551	0,029	0,024	0,012	0,897	0,158	0,001	0,019	0,806	0,095	0,012	0,024	0,847
3_Ses_044	Mannervesi	0,937	0	0,009	0,011	0,727	0,003	0,013	0,089	0,936	0	0,005	0,029	0,884	0,001	0,012	0,039
3_Ses_045	Ruotsinvesi - Velhovesi	0,978	0	0,005	0,002	0,831	0,016	0,003	0,034	0,98	0	0,003	0,005	0,941	0,004	0,003	0,014
3_Ses_046	Liesluodon - Korsaaen edusta	0,273	0,005	0,088	0,575	0,021	0,057	0,01	0,879	0,113	0,001	0,024	0,849	0,054	0,027	0,019	0,881
3_Ses_047	Hylkimyksenaukko	0,412	0,014	0,156	0,293	0,039	0,222	0,021	0,601	0,254	0,005	0,064	0,612	0,106	0,118	0,045	0,626
3_Ses_048	Uudenkaupungin edusta	0,73	0,004	0,164	0,066	0,224	0,205	0,043	0,43	0,686	0,002	0,104	0,183	0,461	0,086	0,071	0,319
3_Se_050	Korsnäs-Kaldonskär	0,396	0,007	0,026	0,494	0,098	0,049	0,004	0,764	0,192	0,002	0,009	0,77	0,151	0,022	0,007	0,761
3_Se_060	Kaskinen-Kristiinankaupunki	0,781	0,013	0,047	0,128	0,437	0,14	0,024	0,356	0,578	0,006	0,027	0,373	0,477	0,073	0,05	0,372
3_Se_070	Kaskinen-Siipyy	0,633	0,007	0,015	0,3	0,167	0,055	0,005	0,721	0,36	0,002	0,006	0,614	0,279	0,026	0,01	0,657
3_Se_080	Merikarvian avomeri	0,752	0,004	0,008	0,207	0,137	0,049	0,003	0,765	0,493	0,002	0,004	0,489	0,373	0,02	0,005	0,582
3_Se_090	Porin avomeri	0,657	0,007	0,01	0,295	0,058	0,062	0,003	0,839	0,374	0,002	0,005	0,607	0,264	0,028	0,005	0,685
3_Se_110	Luvian - Rauman avomeri	0,556	0,006	0,021	0,379	0,045	0,051	0,006	0,862	0,295	0,002	0,008	0,682	0,197	0,024	0,011	0,749
3_Se_120	Uudenkaupungin avomeri	0,144	0,002	0,025	0,776	0,009	0,011	0,004	0,95	0,054	0	0,006	0,93	0,032	0,005	0,007	0,942

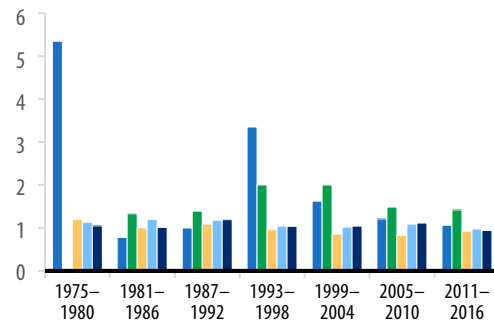
LIITE 2 (kappale 2.4). Rehevöitymisindikaattorien tila 6-vuotisjaksoina 1975–2016 valituissa rannikon vesimuodostumissa

L2 Kuvio 1. Rehevöitymisindikaattorien tila 6-vuotisjaksoina 1975–2016 valituissa Perämeren rannikkovesien vesimuodostumissa. Rehevyytilan arviot on laskettu suhdelukuna (ER; Eutrophication Ratio), jossa suhdeluku <1 tarkoittaa hyvää tilaa.

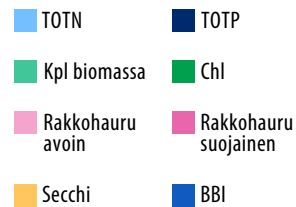
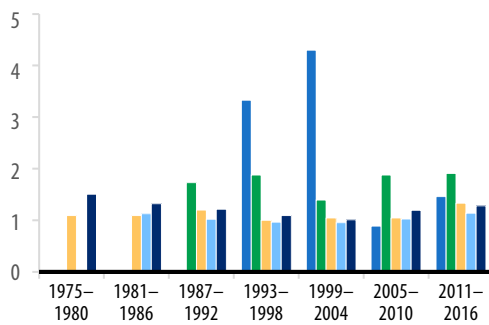
Hailuoto – Kuivaniemi, 4_Pu_040



Kokkolan edusta, 3_Ps_026

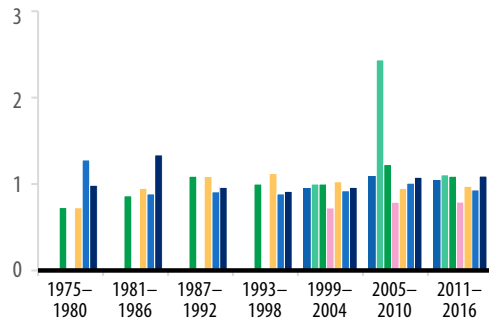


Oulun edusta, 4_Ps_014

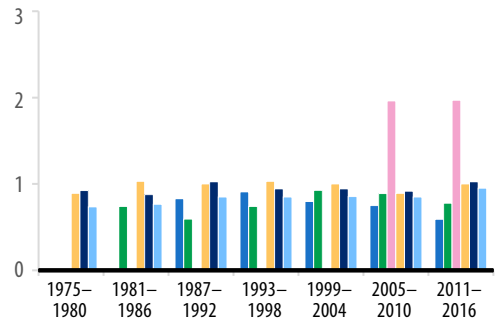


L2 Kuvio 2. Rehevöitymisindikaattorien tila 6-vuotisjaksoina 1975–2016 valituissa Merenkurkun (vasemmalla) ja Selkämeren (oikealla) rannikkovesien vesimuodostumissa. Rehevyystilan arviot on laskettu suhdelukuna (ER; Eutrophication Ratio), jossa suhdeluku <1 tarkoittaa hyvää tilaa.

Utgrynnan – Molpehällorna, 3_Mu_110



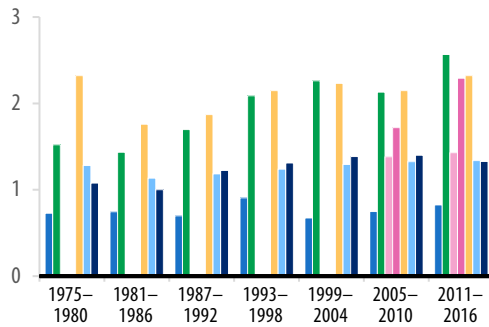
Rauman ja Eurojoen saaristo, 3_Ses_038



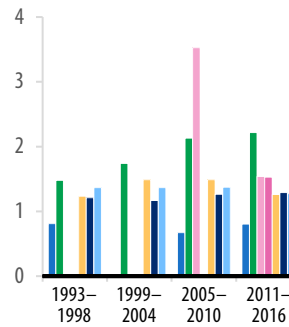
TON TTP Kpl biomassa Chl Rakkohauru avoin Rakkohauru suojainen Secchi BBI

L2 Kuvio 3. Rehevöytymisindikaattorien tila 6-vuotisjaksoina 1975–2016 valituissa Lounaisen saariston vesi-muodostumissa. Rehevyytilan arviot on laskettu suhdelukuna (ER; Eutrophication Ratio), jossa suhdeluku <1 tarkoittaa hyvää tilaa.

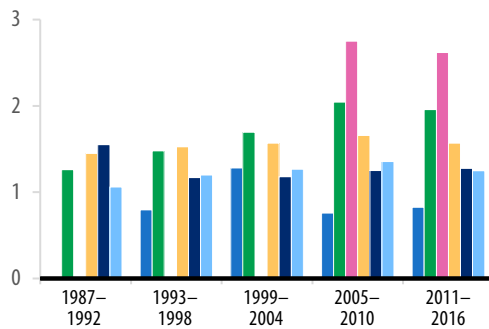
Hankoniemi, 2_Lu_020



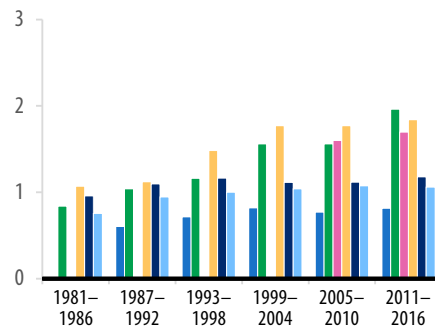
Örön ja Jurmon välinen ulkosaaristo, 3_Lu_050



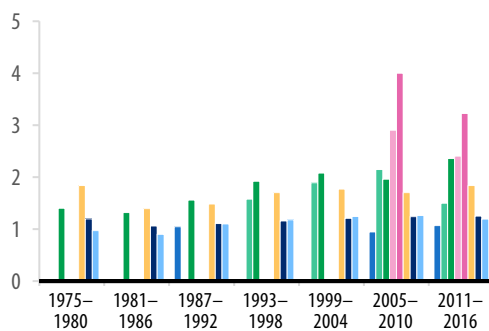
Gullkronan selän ulkosaaristo, 3_Lu_040



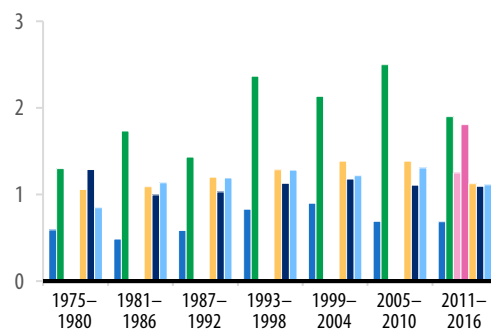
Rymättylän Houtskarinvälinen saaristo, 3_Lv_006



Paimionselän ulko-osa, 3_Lv_012



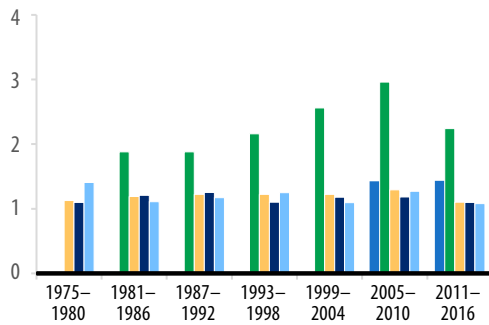
Storfjärden, 2_Ls_011



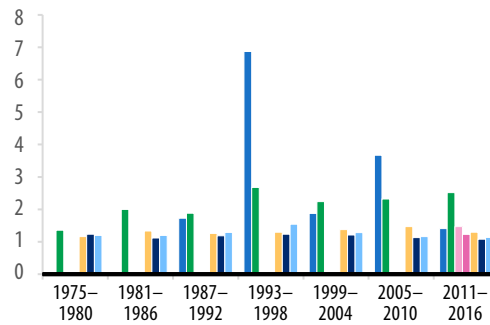
TOTN TOTP Kpl biomassa Chl Rakkohauru avoin Rakkohauru suojainen Secchi BBI

L2 Kuvio 4. Rehevöytymisindikaattorien tila 6-vuotisjaksoina 1975–2016 valituissa Suomenlahden sisä- ja ulkosaariston vesimuodostumissa. Rehevyytilan arviot on laskettu suhdelukuna (ER; Eutrophication Ratio), jossa suhdeluku <1 tarkoittaa hyvää tilaa.

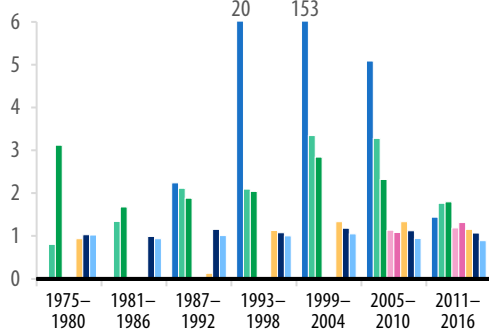
Porvoo – Helsinki, 2_Su_040



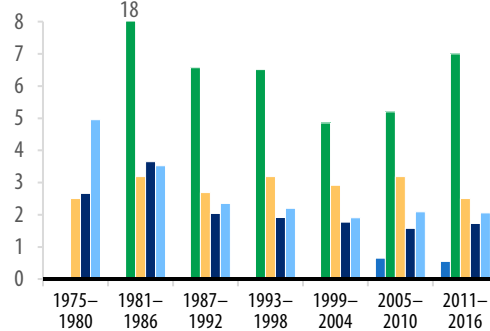
Loviisa – Porvoo, 2_Su_030



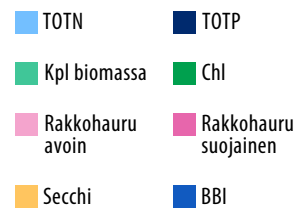
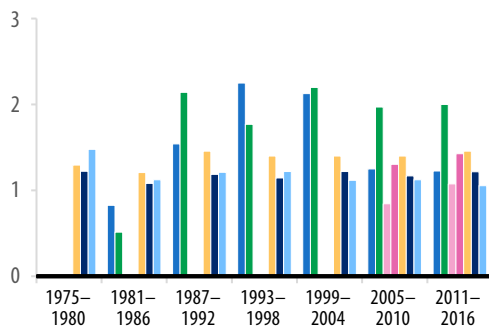
Kotka – Hamina – Virolahti ulko, 2_Su_010



Kruunuvuorenselkä, 2_Ss_027



Kotkan edustan sisäsaaristo, 2_Ss_011



LIITE 3 (kappale 3.2). Klorofyllin vähennystarve vesimuodostumittain

L3 taulukko 1. Kesän (heinä-elokuun) klorofyllin nykyinen vähennystarve hyvän ekologisen tilan raja-arvon saavuttamiseksi Suomenlahden rannikon vesimuodostumissa, ja vähennystarve maatalouden kaikkien vesien-suojelutoimenpiteiden jälkeen vuonna 2027. Vähennystarve on annettu suhteessa raja-arvoon (negatiivinen arvo ilmaisee saavutettua hyvää tilaa). Arvioitu klorofyllin muutos 2021–2027 on annettu prosentteina nykytilasta (negatiivinen arvo ilmaisee tilanteen parantumista). * = Vesimuodostuman vedenvaihdon arvion luotettavuus on keskimääräistä pienempi.

Vesi- muodostuma	a-chl vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2012–2017	a-chl muutos % 2021– 2027	a-chl vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TN vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2012–2017	TN muutos % 2021– 2027	TN vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TP vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TP muutos % 2021– 2027	TP vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027
2_Ls_001*	4,5	0,2	4,5	94	-6,1	69	16,1	-14,1	10,6
2_Ls_002*	7,1	3,6	7,5	66	-8,8	32	17,6	-10,9	13,2
2_Ls_003*	3,1	1,2	3,1	28	-1,9	21	6,0	-1,8	5,5
2_Ls_004	3,3	1,3	3,4	11	-2,4	3	11,9	-2,5	11,0
2_Ls_005*	2,6	0,8	2,6	-1	-0,7	-3	7,1	0	7,1
2_Ls_006	8,7	1,4	8,8	30	-2,3	22	8,9	-2	8,3
2_Ls_007*	4,5	1,7	4,6	86	-2,6	75	8,0	0	8,0
2_Ls_008*	1,9	0,8	1,9	17	-0,8	14	7,5	0,1	7,5
2_Ls_009	4,6	-2,1	4,5	183	-17,8	92	1,3	-14,9	-2,3
2_Ls_010*	13,9	3,1	14,4	220	-19,7	113	14,5	-9,9	10,8
2_Ls_011	2,0	1,3	2,1	18	-1,2	14	2,5	0,3	2,6
2_Lu_010	1,7	0	1,7	45	-0,4	44	10,1	0	10,1
2_Lu_011	3,7	-0,1	3,7	58	-0,9	55	9,8	-0,4	9,7
2_Lu_020	1,7	0,2	1,7	26	-0,2	26	4,3	0,1	4,4
2_Lu_021	4,9	0,5	4,9	57	-0,3	56	7,1	-0,2	7,1
2_Ss_001*	11,5	-1,5	11,3	89	-5,8	64	10,1	-14,1	5,3
2_Ss_002	4,0	0,2	4,0	15	-1,5	9	2,0	-3,7	1,0
2_Ss_003	3,7	0,3	3,7	64	-0,4	62	3,6	-0,4	3,5
2_Ss_005	2,8	0,3	2,8	18	-6,2	-5	6,4	-2,7	5,6
2_Ss_006	1,9	0,7	2,0	6	-1,4	1	2,2	-0,5	2,0
2_Ss_007	1,8	1,4	1,8	-9	-4	-23	9,3	-3,4	8,2
2_Ss_008*	7,6	-1	7,5	150	-8,1	110	6,5	-20,9	0,1
2_Ss_009*	2,9	0,5	2,9	96	-1,7	89	5,0	0	5,0
2_Ss_010*	8,6	-0,3	8,5	164	-1,8	155	-3,2	0,1	-3,2
2_Ss_011	2,5	0,3	2,5	28	-1,5	23	2,2	-0,3	2,2
2_Ss_012*	0,4	0,2	0,4	93	-5,4	69	-2,2	-6,1	-3,5
2_Ss_013	2,0	-0,7	2,0	5	-2,4	-4	0,5	-0,8	0,3
2_Ss_014	5,5	-6,7	4,9	87	-7,7	53	2,7	-5,2	1,3
2_Ss_015	5,5	-2,8	5,2	96	-6,9	65	0,1	-6,6	-1,5

Vesi- muodostuma	a-chl vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2012–2017	a-chl muutos % 2021– 2027	a-chl vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TN vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2012–2017	TN muutos % 2021– 2027	TN vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TP vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TP muutos % 2021– 2027	TP vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027
2_Ss_016*	NA	-5,2	NA	130	-10,6	79	12,0	-11,6	7,8
2_Ss_017*	5,9	-4,4	5,5	29	-7,1	2	4,6	-4,1	3,4
2_Ss_018	4,4	16,6	5,7	65	-21	-22	15,6	-17	8,8
2_Ss_019	2,4	1,4	2,5	5	-4	-9	3,8	-1,7	3,3
2_Ss_020	7,7	2,5	8,0	113	-19,2	24	16,0	-32,1	3,2
2_Ss_021*	1,7	1,8	1,8	11	-2,9	0	2,2	-1,8	1,7
2_Ss_022	6,5	10,7	7,5	145	-17,2	60	9,6	-26,9	0,5
2_Ss_023	11,0	2,2	11,3	133	-3,6	116	2,9	-2,9	2,1
2_Ss_024	9,4	0,2	9,5	69	-9,7	28	11,5	-10	7,9
2_Ss_025*	2,3	-0,8	2,3	47	-5,2	26	9,9	-4,5	8,4
2_Ss_026	3,3	-0,1	3,3	55	-4,1	38	6,5	-2,7	5,7
2_Ss_027*	11,2	0,2	11,2	152	-8,9	108	11,2	-6,6	8,9
2_Ss_028*	13,3	2,1	13,7	239	-3,3	220	26,7	-3,3	25,0
2_Ss_029	2,8	0,2	2,8	44	-2,7	34	2,5	-1,4	2,2
2_Ss_030	5,5	0,5	5,6	91	-9,7	49	14,6	-20,9	6,5
2_Ss_031*	2,0	-0,5	2,0	-18	-1,1	-22	5,2	-0,4	5,1
2_Su_010	2,1	0	2,1	16	-0,1	16	-1,8	-0,1	-1,8
2_Su_020	2,5	-0,1	2,5	30	-0,4	28	1,0	-0,1	0,9
2_Su_030	3,9	-0,5	3,8	14	-1	11	3,2	-0,4	3,1
2_Su_040	3,9	-0,9	3,9	45	-1,3	40	2,8	-0,7	2,6
2_Su_050	4,2	-0,9	4,2	42	-1,1	38	2,2	-0,5	2,1

L3 taulukko 2. Kesän (heinä-elokuun) klorofyllin nykyinen vähennystarve hyvän ekologisen tilan raja-arvon saavuttamiseksi Lounaisessa saaristossa, ja vähennystarve maatalouden kaikkien vesiensuojelutoimenpiteiden jälkeen vuonna 2027. Vähennystarve on annettu suhteessa raja-arvoon (negatiivinen arvo ilmaisee saavutettua hyvää tilaa). Arvioitu klorofyllin muutos 2021–2027 on annettu prosentteina nykytilasta (negatiivinen arvo ilmaisee tilanteen parantumista). * = Vesimuodostuman vedenvaihdon arvion luotettavuus on keskimääräistä pienempi.

Vesi- muodostuma	a-chl vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2012–2017	a-chl muutos % 2021– 2027	a-chl vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TN vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2012–2017	TN muutos % 2021– 2027	TN vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TP vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TP muutos % 2021– 2027	TP vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027
2_Ls_013	2,4	1,1	2,5	59	-2,2	50	3,9	-6,8	2,1
2_Ls_014*	0,7	13,2	1,2	32	-8,6	2	-3,2	-15,2	-6,2
2_Lu_020	1,7	0,2	1,7	26	-0,2	26	4,3	-0,2	4,3
2_Lu_021	4,9	1,8	5,0	57	-1	54	7,1	-1,1	6,8
3_Ls_001*	4,3	3	4,5	56	-1,8	49	4,5	-0,9	4,3
3_Ls_003	8,7	2,1	8,9	124	-14,2	60	14,9	-22,6	6,3
3_Ls_004	11,5	-2,9	11,1	206	-18,8	106	21,6	-43	2,4
3_Ls_005*	6,8	4,8	7,3	106	-4,5	87	13,1	-2,4	12,2
3_Ls_006	4,9	-1,8	4,8	102	-29,2	-23	6,3	-38	-4,9
3_Ls_011*	3,2	3,6	3,4	71	-3,8	56	1,3	-1,3	0,9
3_Ls_012	4,2	6,8	4,7	66	-14	11	0,8	-12,7	-2,2
3_Ls_014*	7,4	11,1	8,5	122	-17,5	44	12,5	-23,4	4,2
3_Ls_015*	16,2	-3,4	15,6	556	-21,1	370	33,9	-39,1	11,7
3_Ls_016*	18,2	19,8	22,4	385	-23,9	215	43,9	-28,6	24,8
3_Ls_017*	9,7	15,1	11,6	157	-18,7	67	14,2	-14,7	8,7
3_Ls_018*	8,6	12,5	10,0	209	-24,8	76	33,5	-20,2	22,1
3_Ls_019*	7,1	6,5	7,8	140	-24	28	17,1	-30,1	5,0
3_Ls_020	5,0	10,2	5,8	88	-14,2	29	5,4	-7,7	3,2
3_Ls_021*	6,7	6,4	7,3	111	-12,1	58	11,1	-5,5	9,2
3_Ls_023	3,6	0,4	3,6	70	-18,7	-4	2,7	-15,4	-1,3
3_Ls_024*	9,6	13,7	11,3	234	-41,6	1	17,3	-47,7	-1,9
3_Ls_025*	38,3	-11,4	33,6	637	-30,1	348	122,1	-69,7	21,0
3_Ls_026*	15,2	3,2	15,7	262	-29,5	89	14,1	-44,3	-2,3
3_Ls_027*	6,3	7,4	7,0	98	-21,7	6	7,3	-28,9	-1,4
3_Ls_030	3,9	6,1	4,3	117	-13,4	58	1,9	-16,9	-2,3
3_Ls_031*	NA	-0,2	NA	NA	-12,7	NA	NA	-23,7	NA
3_Ls_032	NA	12,5	NA	NA	-9,8	NA	NA	-12,1	NA
3_Ls_033*	1,6	3,5	1,8	NA	-1,7	NA	12,9	-1,1	12,5
3_Lu_010	2,0	0,6	2,0	31	-0,4	30	4,2	0	4,2
3_Lu_020	1,0	1,2	1,0	13	-0,6	11	1,8	0	1,8
3_Lu_030	1,6	1,4	1,7	28	-0,5	26	0,9	-0,1	0,8
3_Lu_040	1,9	2,7	2,0	72	-1,5	66	3,5	-0,6	3,4
3_Lu_050	2,1	0,6	2,1	52	-0,4	50	4,3	-0,2	4,3

Vesi- muodostuma	a-chl vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2012–2017	a-chl muutos % 2021– 2027	a-chl vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TN vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2012-2017	TN muutos % 2021– 2027	TN vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TP vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TP muutos % 2021- 2027	TP vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027
3_Lu_060	2,1	0,8	2,1	86	-0,6	84	7,6	-0,4	7,5
3_Lu_070	0,5	0,5	0,5	-8	-0,3	-8	-0,6	0	-0,6
3_Lv_001*	1,7	2,3	1,8	47	-0,9	44	3,3	-0,1	3,2
3_Lv_002*	1,6	1	1,6	19	-0,6	17	3,2	0	3,2
3_Lv_003	1,8	1,8	1,9	20	-1,2	16	0,8	-0,2	0,7
3_Lv_004*	NA	1,5	NA	NA	-0,8	NA	NA	0	NA
3_Lv_005*	1,7	2,3	1,8	41	-0,8	38	2,5	-0,1	2,5
3_Lv_006	2,5	1,7	2,5	44	-1,8	38	0,6	-0,4	0,5
3_Lv_008*	3,7	1,7	3,8	90	-4,3	73	4,7	-1,8	4,2
3_Lv_009	3,1	2,4	3,2	61	-6	39	1,0	-3,4	0,3
3_Lv_010*	2,2	3,4	2,3	59	-1,9	52	1,3	-0,5	1,2
3_Lv_011	2,5	3,2	2,7	74	-3,3	61	3,6	-1,5	3,2
3_Lv_012	3,1	0,7	3,1	75	-10,1	36	4,0	-7	2,3
3_Lv_013	1,8	2,6	1,9	44	-1,4	39	7,4	-1	7,1

L3 taulukko 3. Kesän (heinä-elokuun) klorofyllin nykyinen vähennystarve hyvän ekologisen tilan raja-arvon saavuttamiseksi Selkämeren rannikkovesissä, ja vähennystarve maatalouden kaikkien vesiensuojelutoimenpiteiden jälkeen vuonna 2027. Vähennystarve on annettu suhteessa raja-arvoon (negatiivinen arvo ilmaisee saavutettua hyvää tilaa). Arvioitu klorofyllin muutos 2021–2027 on annettu prosentteina nykytilasta (negatiivinen arvo ilmaisee tilanteen parantumista). * = Vesimuodostuman vedenvaihdon arvion luotettavuus on keskimääräistä pienempi.

Vesi- muodostuma	a-chl vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2012–2017	a-chl muutos % 2021- 2027	a-chl vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TN vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2012–2017	TN muutos % 2021- 2027	TN vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TP vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TP muutos % 2021- 2027	TP vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027
3_Ses_010*	7,7	-3,1	7,4	255	-2,3	242	19,3	-3,2	18,1
3_Ses_012*	NA	-7,1	NA	NA	-7,9	NA	NA	-19,7	NA
3_Ses_015*	1,6	-12,7	1,1	9	-19,4	-54	5,2	-54	-8,4
3_Ses_016*	1,3	-23,6	0,4	65	-8,3	33	5,8	-51,7	-7,5
3_Ses_017*	7,3	-11,9	6,1	117	-11,5	67	10,6	-42,1	-2,3
3_Ses_019*	NA	-4,8	NA	NA	-6,1	NA	NA	-13,9	NA
3_Ses_020*	NA	-58,8	NA	NA	-12,6	NA	NA	-61,5	NA
3_Ses_021	3,6	-19	2,4	5	-5,3	-12	4,0	-17,4	-0,2
3_Ses_022*	1,4	-4,2	1,2	-10	-6,9	-31	11,5	-17,1	6,1
3_Ses_025*	2,5	-5,2	2,2	3	-9	-26	-3,7	-18,2	-6,7
3_Ses_026	0,4	-10,2	0,1	-12	-8,6	-38	-5,3	-21,1	-8,4
3_Ses_028*	NA	-9,6	NA	NA	-11	NA	NA	-24,8	NA
3_Ses_029	2,8	-2,4	2,7	-39	-9,3	-65	-5,0	-14,4	-7,2
3_Ses_030	15,2	-9,7	13,5	261	-10,8	199	12,6	-24,5	4,6
3_Ses_031*	1,7	1,7	1,8	-27	-7	-47	-5,1	-6,7	-6,1
3_Ses_032	0,6	1,1	0,6	-37	-7,5	-58	-6,1	-7,6	-7,2
3_Ses_033*	10,1	-5,6	9,4	175	-11,2	120	0,3	-20	-3,7
3_Ses_034	11,6	-5	10,9	440	-12,3	347	10,0	-27,2	1,8
3_Ses_035	-0,4	-0,9	-0,4	-67	-13,4	-100	-8,2	-18,8	-10,4
3_Ses_036	-0,2	3	-0,2	-77	-8,4	-97	-6,7	-6,3	-7,6
3_Ses_037*	0,4	-1,4	0,3	-122	-13,2	-147	-7,5	-19,4	-9,9
3_Ses_038	0,3	2,7	0,4	3	-13,7	-40	-0,6	-10,7	-2,7
3_Ses_039*	3,5	-14,9	2,6	121	-27,5	1	7,2	-16,7	2,6
3_Ses_041*	NA	4,4	NA	NA	-6,9	NA	NA	-6,4	NA
3_Ses_042*	3,8	-3,8	3,6	91	-14,1	33	14,8	-17	8,9
3_Ses_043	0,0	0,4	0,0	-19	-1,5	-24	0,2	-0,7	0,0
3_Ses_044*	1,8	-3,4	1,6	26	-18,1	-36	0,4	-25,7	-4,9
3_Ses_045*	NA	-3,7	NA	NA	-15,5	NA	NA	-33,3	NA
3_Ses_046	0,8	-1,1	0,7	11	-1,1	7	2,4	-0,8	2,2
3_Ses_047	3,2	3,4	3,4	40	-3,7	27	5,5	-3,4	4,6
3_Ses_048	7,8	0,5	7,8	143	-11,6	90	16,5	-17,2	10,2
3_Seu_050	1,0	0,4	1,0	-20	-2,9	-27	1,3	-3,9	0,7
3_Seu_060	1,8	-3,2	1,7	35	-6,6	15	8,2	-13,2	5,2

Vesi- muodostuma	a-chl vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2012–2017	a-chl muutos % 2021- 2027	a-chl vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TN vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2012–2017	TN muutos % 2021- 2027	TN vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TP vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027	TP muutos % 2021- 2027	TP vähennys- tarve µg l ⁻¹ 2027
3_Seu_070	1,1	0,7	1,1	0	-5,9	-16	2,8	-6,8	1,7
3_Seu_080	0,5	0,9	0,5	-34	-7,7	-52	-1,6	-9,2	-2,7
3_Seu_090	1,3	1,9	1,4	-13	-4,7	-25	-1,6	-3,8	-2,1
3_Seu_110	0,4	1,2	0,4	-10	-3,5	-19	0,2	-2	0,0
3_Seu_120	0,9	0	0,9	9	-0,4	8	3,5	-0,2	3,4

LIITE 4 (kappale 3.3). Riski hapettomuudelle ja BBI pohjaeläinindikaattorin huonolle tilalle 2027

Merkittävän hapettomuuden riskiä eri vesimuodostumissa vuonna 2027 tarkasteltiin FICOS rannikkomallin antaman klorofyllipitoisuuden muutoksen ja happimallista saadun luontaisen hapettomuusriskialttiuden perusteella.

Pintavesityyppi	Vesimuodostuma	Riski hapettomuudelle	Riski BBI tilan heikkenemiselle
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_008	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_012	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_015	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_016	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_017	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_018	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_019	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_020	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_021	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_022	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_023	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_024	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_025	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_026	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_027	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_028	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_029	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_030	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_031	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_032	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_042	NA	NA
Ahvenanmaan sisäsaaristo	8_Aai_041	Ei riskiä	Riski
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_003	NA	NA
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_005	NA	NA
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_006	NA	NA
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_007	NA	NA
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_009	NA	NA

Pintavesityyppi	Vesimuodostuma	Riski hapettomuudelle	Riski BBI tilan heikkenemiselle
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_010	NA	NA
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_011	NA	NA
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_013	NA	NA
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_035	NA	NA
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_043	NA	NA
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_047	NA	Hyvä
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_050	NA	NA
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_061	NA	NA
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_058	Ei riskiä	Alle hyvän
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_059	Ei riskiä	Alle hyvän
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_057	Ei riskiä	Alle hyvän
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_049	Ei riskiä	Hyvä
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_033	Ei riskiä	Riski
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_048	Ei riskiä	Hyvä
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_052	Ei riskiä	Hyvä
Ahvenanmaan välisaaristo	8_Aam_034	Ei riskiä	Riski
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_001	NA	NA
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_002	NA	NA
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_004	NA	NA
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_014	NA	NA
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_036	NA	NA
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_037	NA	NA
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_044	NA	NA
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_045	NA	NA
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_060	Ei riskiä	Riski
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_056	Ei riskiä	Riski
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_040	Ei riskiä	Riski
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_039	Ei riskiä	Alle hyvän
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_051	Ei riskiä	Riski
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_055	Ei riskiä	Riski
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_054	Ei riskiä	Riski
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_038	Ei riskiä	Alle hyvän

Pintavesityyppi	Vesimuodostuma	Riski hapettomuudelle	Riski BBI tilan heikkenemiselle
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_046	Ei riskiä	Riski
Ahvenanmaan ulkosaaristo	8_Aay_053	Ei riskiä	Hyvä
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_012	NA	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_002	NA	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_008	NA	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_009	NA	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_010	NA	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_013	NA	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_022	NA	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_028	NA	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_029	NA	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_034	NA	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_016	Ei riskiä	Kasvava riski
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_017	Kasvava riski	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_024	Kasvava riski	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_014	Kasvava riski	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_014	Kasvava riski	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_018	Kasvava riski	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_032	Potentiaalinen riski	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_014	Ei riskiä	Hyvä
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_020	Kasvava riski	Hyvä
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_027	Ei riskiä	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_012	Ei riskiä	Riski
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_019	Ei riskiä	Riski
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_021	Ei riskiä	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_030	Ei riskiä	Riski
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_005	Ei riskiä	Hyvä
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_002	Ei riskiä	Hyvä
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_011	Riski	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_033	Riski	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_026	Riski	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_010	Ei riskiä	Hyvä

Pintavesityyppi	Vesimuodostuma	Riski hapettomuudelle	Riski BBI tilan heikkenemiselle
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_001	Ei riskiä	Hyvä
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_003	Ei riskiä	Riski
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_007	Ei riskiä	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_006	Riski	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_004	Ei riskiä	Riski
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_011	Riski	Riski
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_003	Ei riskiä	Riski
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_013	Riski	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_013	Riski	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_005	Riski	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_008	Riski	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_023	Ei riskiä	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_001	Ei riskiä	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_031	Riski	NA
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_006	Ei riskiä	Riski
Lounainen sisäsaaristo	2_Ls_009	Ei riskiä	Alle hyvän
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_004	Ei riskiä	Hyvä
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_015	Ei riskiä	Riski
Lounainen sisäsaaristo	3_Ls_025	Ei riskiä	Alle hyvän
Lounainen ulkosaaristo	3_Lu_040	Ei riskiä	Riski
Lounainen ulkosaaristo	2_Lu_021	Ei riskiä	Riski
Lounainen ulkosaaristo	2_Lu_021	Ei riskiä	Riski
Lounainen ulkosaaristo	3_Lu_030	Ei riskiä	Riski
Lounainen ulkosaaristo	3_Lu_020	Ei riskiä	Riski
Lounainen ulkosaaristo	3_Lu_060	Ei riskiä	Riski
Lounainen ulkosaaristo	3_Lu_010	Ei riskiä	Alle hyvän
Lounainen ulkosaaristo	3_Lu_050	Ei riskiä	Riski
Lounainen ulkosaaristo	2_Lu_021	Ei riskiä	Riski
Lounainen ulkosaaristo	2_Lu_021	Ei riskiä	Riski
Lounainen ulkosaaristo	3_Lu_070	Ei riskiä	Hyvä
Lounainen ulkosaaristo	2_Lu_020	Ei riskiä	Hyvä
Lounainen ulkosaaristo	2_Lu_020	Ei riskiä	Hyvä

Pintavesityyppi	Vesimuodostuma	Riski hapettomuudelle	Riski BBI tilan heikkenemiselle
Lounainen ulkosaaristo	2_Lu_020	Ei riskiä	Hyvä
Lounainen ulkosaaristo	2_Lu_020	Ei riskiä	Hyvä
Lounainen ulkosaaristo	2_Lu_010	Ei riskiä	Alle hyvän
Lounainen ulkosaaristo	2_Lu_011	Ei riskiä	Riski
Lounainen välisaaristo	3_Lv_007	NA	NA
Lounainen välisaaristo	3_Lv_010	Riski	Alle hyvän
Lounainen välisaaristo	3_Lv_011	Riski	Hyvä
Lounainen välisaaristo	3_Lv_013	Riski	Riski
Lounainen välisaaristo	3_Lv_009	Ei riskiä	Riski
Lounainen välisaaristo	3_Lv_001	Ei riskiä	Alle hyvän
Lounainen välisaaristo	3_Lv_005	Riski	Alle hyvän
Lounainen välisaaristo	3_Lv_003	Ei riskiä	Riski
Lounainen välisaaristo	3_Lv_006	Ei riskiä	Riski
Lounainen välisaaristo	3_Lv_008	Riski	Alle hyvän
Lounainen välisaaristo	3_Lv_004	Ei riskiä	NA
Lounainen välisaaristo	3_Lv_002	Ei riskiä	Alle hyvän
Lounainen välisaaristo	3_Lv_012	Ei riskiä	Alle hyvän
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_010	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_011	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_012	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_013	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_014	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_015	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_016	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_017	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_018	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_019	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_020	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_021	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_022	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_023	NA	NA
Merenkurkun sisäsaaristo	3_Ms_024	NA	NA

Pintavesityyppi	Vesimuodostuma	Riski hapettomuudelle	Riski BBI tilan heikkenemiselle
Merenkurkun ulkosaaristo	3_Mu_050	NA	NA
Merenkurkun ulkosaaristo	3_Mu_070	NA	NA
Merenkurkun ulkosaaristo	3_Mu_080	NA	NA
Merenkurkun ulkosaaristo	3_Mu_090	NA	NA
Merenkurkun ulkosaaristo	3_Mu_100	NA	NA
Merenkurkun ulkosaaristo	3_Mu_110	NA	NA
Merenkurkun ulkosaaristo	3_Mu_120	NA	NA
Merenkurkun ulkosaaristo	3_Mu_130	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ps_020	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ps_022	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ps_023	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ps_024	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ps_026	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ps_027	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ps_028	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ps_029	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ps_030	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ps_031	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_001	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_002	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_003	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_004	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_005	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_006	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_007	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_010	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_011	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_012	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_014	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_015	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_016	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	4_Ps_017	NA	NA

Pintavesityyppi	Vesimuodostuma	Riski hapettomuudelle	Riski BBI tilan heikkenemiselle
Perämeren sisemmät rannikkovedet	5_Ps_001	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	5_Ps_002	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	5_Ps_003	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	5_Ps_004	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	6_Ps_001	NA	NA
Perämeren sisemmät rannikkovedet	6_Ps_002	NA	NA
Perämeren ulommat rannikkovedet	3_Pu_050	NA	NA
Perämeren ulommat rannikkovedet	3_Pu_060	NA	NA
Perämeren ulommat rannikkovedet	3_Pu_070	NA	NA
Perämeren ulommat rannikkovedet	3_Pu_080	NA	NA
Perämeren ulommat rannikkovedet	4_Pu_010	NA	NA
Perämeren ulommat rannikkovedet	4_Pu_020	NA	NA
Perämeren ulommat rannikkovedet	4_Pu_030	NA	NA
Perämeren ulommat rannikkovedet	4_Pu_040	NA	NA
Perämeren ulommat rannikkovedet	4_Pu_050	NA	NA
Perämeren ulommat rannikkovedet	5_Pu_001	NA	NA
Perämeren ulommat rannikkovedet	6_Pu_001	NA	NA
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_014	NA	NA
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_023	NA	NA
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_024	NA	NA
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_027	NA	NA
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_040	NA	NA
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_049	NA	NA
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_041	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_047	Ei riskiä	NA
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_036	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_038	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_031	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_032	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_048	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_043	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_035	Ei riskiä	Hyvä

Pintavesityyppi	Vesimuodostuma	Riski hapettomuudelle	Riski BBI tilan heikkenemiselle
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_046	Ei riskiä	Alle hyvän
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_037	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_029	Ei riskiä	Alle hyvän
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_010	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_044	Ei riskiä	Alle hyvän
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_045	Ei riskiä	NA
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_042	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_022	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_019	Ei riskiä	NA
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_034	Ei riskiä	Alle hyvän
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_025	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_033	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_012	Ei riskiä	NA
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_028	Ei riskiä	Alle hyvän
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_030	Ei riskiä	Alle hyvän
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_026	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_017	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_015	Ei riskiä	NA
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_039	Ei riskiä	NA
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_021	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_016	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	3_Ses_020	Ei riskiä	NA
Selkämeren ulommat rannikkovedet	3_Seu_090	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren ulommat rannikkovedet	3_Seu_110	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren ulommat rannikkovedet	3_Seu_080	Ei riskiä	NA
Selkämeren ulommat rannikkovedet	3_Seu_070	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren ulommat rannikkovedet	3_Seu_050	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren ulommat rannikkovedet	3_Seu_120	Ei riskiä	Hyvä
Selkämeren ulommat rannikkovedet	3_Seu_060	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_004	NA	NA
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_018	Ei riskiä	NA
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_022	Ei riskiä	Alle hyvän

Pintavesityyppi	Vesimuodostuma	Riski hapettomuudelle	Riski BBI tilan heikkenemiselle
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_020	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_023	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_028	Ei riskiä	Hyvä
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_021	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_007	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_019	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_006	Ei riskiä	Riski
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_009	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_030	Ei riskiä	Hyvä
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_003	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_005	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_011	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_002	Ei riskiä	Riski
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_012	Ei riskiä	NA
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_024	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_027	Ei riskiä	Hyvä
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_029	Ei riskiä	Hyvä
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_026	Ei riskiä	Hyvä
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_010	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_031	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_013	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_025	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_008	Ei riskiä	NA
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_001	Ei riskiä	Hyvä
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_015	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_017	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_016	Ei riskiä	NA
Suomenlahden sisäsaaristo	2_Ss_014	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden ulkosaaristo	2_Su_010	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden ulkosaaristo	2_Su_020	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden ulkosaaristo	2_Su_030	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden ulkosaaristo	2_Su_040	Ei riskiä	Alle hyvän
Suomenlahden ulkosaaristo	2_Su_050	Ei riskiä	Hyvä

LIITE 5 (kappale 4.2). Rannikkovesien tila 2012–2017 vesienhoidon ekologisen tilan arviossa ja määritettynä Suomen meriympäristön rehevöitymistilanarviossa ja HELCOMin Itämeren rehevöitymistilan arviossa käytetyllä HEAT3-työkalulla, sekä Ruotsissa kehitetyllä WATERS-työkalulla.

L5 Taulukko1. Vesimuodostumien tila Lounaisessa ulkosaaristossa (Lu) jaksolla 2012–2017 vesienhoidon ekologisen tilan arvion mukaan (ekol_tila), sekä määritettynä HELCOM HEAT3 työkalulla (H_luokka) ja Ruotsissa kehitetyllä WATERS-työkalulla (W_tila). ER = Rehevöitymissuhde HEAT-työkalulla, H_huonoin = heikoimassa tilassa oleva kriteeriryhmä HEAT-työkalulla (C1 = ravinteet, C2 = suorat vaikutukset ja C3= epäsuorat vaikutukset), biol_lask= kolmannen luokittelukauden laskennallinen biologinen tila, bio_arvio = kolmannen luokittelukauden arvioitu biologinen tila, fys_kem= kolmannen luokittelukauden fysikaaliskemiallisten muuttujien tila ja hy_mo= kolmannen luokittelukauden hydrologis morfologisten muuttujien tila, Waters_status= WATERS työkalun mukainen tila (arvo välillä 0–1), W_huonoin= heikoimmassa tilassa oleva laatutekijä WATERS työkalulla.

vesi- muodostuma	ER	H_ huonoin	H_ luokka	biol_ lask	biol_ arv	fys_ kem	hy_mo	ekol_ tila	Waters_ status	W_huonoin	W_tila
2_Lu_010	2,14	ER.C3	1	2	NA	NA	5	2	0,28 pohjaeläimet		2
2_Lu_011	2,43	ER.C2	1	3	NA	NA	5	2	0,34 plankton		2
2_Lu_020	1,72	ER.C2	2	3	3	NA	5	3	0,43 vesikasvit		3
2_Lu_021	2,43	ER.C2	1	3	NA	NA	5	3	0,35 plankton		2
3_Lu_010	2,24	ER.C2	1	3	3	3	4	3	0,37 vesikasvit		2
3_Lu_020	2,08	ER.C2	1	3	3	3	4	3	0,27 vesikasvit		2
3_Lu_030	2,09	ER.C2	1	3	3	3	3	3	0,26 vesikasvit		2
3_Lu_040	2,32	ER.C2	1	3	3	3	5	3	0,32 vesikasvit		2
3_Lu_050	1,31	ER.C2	3	3	3	3	5	3	0,46 vesikasvit		3
3_Lu_060	1,93	ER.C2	2	3	3	3	5	3	0,4 plankton		2
3_Lu_070	1,17	ER.C2	3	4	3	NA	3	3	0,69 plankton		4

L5 Taulukko 2. Vesimuodostumien ekologinen tila Lounaisessa välisaaristossa (Lv) jaksolla 2012–2017 vesienhoidon ekologisen tilan arvion mukaan (ekol_tila), sekä määritettynä HELCOM HEAT3 työkalulla (H_luokka) ja Ruotsissa kehitetyllä WATERS-työkalulla (W_tila). Muut selitykset liitteen taulukossa 1.

vesi- muodostuma	ER	H_ huonoin	H_ luokka	biol_ lask	biol_ arv	fys_ kem	hy_ mo	ekol_ tila	Waters_ status	W_huonoin	W_tila
3_Lv_001	2,53	ER.C2	1	2	3	3	5	3	0,13	vesikasvit	1
3_Lv_002	1,86	ER.C2	2	3	NA	3	5	3	0,47	pohjaeläimet	3
3_Lv_003	2,07	ER.C2	1	3	3	3	4	3	0,28	vesikasvit	2
3_Lv_005	2,1	ER.C2	1	3	NA	3	5	3	0,58	pohjaeläimet	3
3_Lv_006	1,76	ER.C2	2	3	3	3	3	3	0,43	vesikasvit	3
3_Lv_008	9,29	ER.C3	1	2	NA	NA	5	2	0,06	pohjaeläimet	1
3_Lv_009	2,23	ER.C2	1	3	3	3	3	3	0,32	vesikasvit	2
3_Lv_010	1,87	ER.C2	2	3	3	3	4	3	0,44	pohjaeläimet	3
3_Lv_011	2,46	ER.C2	1	4	3	3	5	3	0,24	plankton	2
3_Lv_012	2,5	ER.C2	1	2	3	3	3	3	0,2	vesikasvit	1
3_Lv_013	1,64	ER.C2	2	3	NA	3	4	3	0,39	plankton	2

L5 Taulukko3. Vesimuodostumien ekologinen tila Lounaisessa sisäsaaristossa (Ls) jaksolla 2012–2017 vesienhoidon ekologisen tilan arvion mukaan (ekol_tila), sekä määritettynä HELCOM HEAT3 työkalulla (H_luokka) ja Ruotsissa kehitetyllä WATERS-työkalulla (W_tila). Muut selitykset liitteen taulukossa 1.

vesi- muodostuma	ER	H_ huonoin	H_ luokka	biol_ lask	biol_ arv	fys_ kem	hy_mo	ekol_ tila	Waters_ status	W_huonoin	W_tila
2_Ls_001	2,2	ER.C2	1	3	NA	NA	5	2	0,39	plankton	2
2_Ls_002	3,01	ER.C2	1	3	NA	NA	4	2	0,34	plankton	2
2_Ls_003	1,93	ER.C2	2	3	2	NA	5	2	0,29	vesikasvit	2
2_Ls_004	1,94	ER.C2	2	3	2	NA	4	2	0,43	plankton	3
2_Ls_005	7,28	ER.C3	1	2	NA	NA	5	2	0,08	pohjaeläimet	1
2_Ls_006	2,98	ER.C2	1	3	2	NA	5	2	0,3	plankton	2
2_Ls_007	2,49	ER.C2	1	2	NA	NA	5	2	0,26	pohjaeläimet	2
2_Ls_008	2,15	ER.C3	1	2	NA	NA	5	2	0,29	pohjaeläimet	2
2_Ls_009	2,19	ER.C3	1	2	NA	NA	4	2	0,27	pohjaeläimet	2
2_Ls_010	4,17	ER.C2	1	3	NA	NA	4	2	0,2	plankton	2
2_Ls_011	1,46	ER.C2	3	3	NA	NA	4	3	0,39	vesikasvit	2
2_Ls_012	1,89	ER.C2	2	3	NA	NA	2	2	0,42	plankton	3
2_Ls_013	1,55	ER.C2	2	3	NA	NA	5	3	0,48	plankton	3
2_Ls_014	1,27	ER.C3	3	3	NA	NA	5	3	0,47	pohjaeläimet	3
3_Ls_001	2,53	ER.C2	1	4	3	3	4	3	0,39	plankton	2
3_Ls_002	2,92	ER.C2	1	2	NA	2	4	2	0,34	plankton	2
3_Ls_003	3,41	ER.C2	1	2	NA	2	5	2	0,14	vesikasvit	1
3_Ls_004	3,37	ER.C2	1	3	2	2	5	2	0,25	plankton	2
3_Ls_005	3,13	ER.C2	1	3	2	2	4	2	0,34	plankton	2
3_Ls_006	2,91	ER.C2	1	3	3	3	4	3	0,38	plankton	2
3_Ls_008	3,94	ER.C2	1	2	NA	2	5	2	0,31	plankton	2
3_Ls_011	2,11	ER.C2	1	3	NA	3	4	3	0,45	plankton	3
3_Ls_012	2,31	ER.C2	1	3	NA	3	3	3	0,4	plankton	2
3_Ls_013	5,24	ER.C2	1	3	2	NA	1	2	0,24	plankton	2
3_Ls_014	3,5	ER.C2	1	3	2	NA	3	2	0,33	plankton	2
3_Ls_015	6,12	ER.C2	1	3	2	1	2	2	0,2	plankton	1
3_Ls_016	7,06	ER.C2	1	3	2	1	4	2	0,2	plankton	1
3_Ls_017	4,01	ER.C2	1	2	NA	2	4	2	0,21	pohjaeläimet	2
3_Ls_018	4,45	ER.C2	1	2	NA	NA	5	2	0,18	pohjaeläimet	1
3_Ls_019	3,45	ER.C2	1	3	2	2	5	2	0,34	plankton	2
3_Ls_020	2,65	ER.C2	1	4	3	3	4	3	0,38	plankton	2
3_Ls_021	3,45	ER.C2	1	2	2	2	5	2	0,35	plankton	2
3_Ls_022	4	ER.C2	1	NA	1	1	1	1	0	NA	1
3_Ls_023	2,04	ER.C2	1	3	NA	3	5	3	0,43	pohjaeläimet	3
3_Ls_024	3,7	ER.C2	1	2	NA	2	5	2	0,29	plankton	2
3_Ls_025	11,7	ER.C2	1	1	NA	1	5	1	0,18	plankton	1

vesi- muodostuma	ER	H_ huonoin	H_ luokka	biol_ lask	biol_ arv	fys_ kem	hy_mo	ekol_ tila	Waters_ status	W_huonoin	W_tila
3_Ls_026	4,65	ER.C2	1	2	NA	2	4	2	0,2	plankton	1
3_Ls_027	3,04	ER.C2	1	3	2	3	2	2	0,35	plankton	2
3_Ls_028	3,9	ER.C2	1	2	NA	NA	3	2	0,31	plankton	2
3_Ls_030	2,07	ER.C2	1	3	3	3	4	3	0,41	plankton	3
3_Ls_033	1,52	ER.C1	2	3	NA	NA	5	3	0,52	plankton	3
3_Ls_034	12,42	ER.C1	1	1	NA	NA	3	2	0,19	plankton	1

L5 Taulukko 4. Rannikon vesimuodostumien ekologinen tila Suomenlahden ulkosaaristossa (Su) jaksolla 2012–2017 vesienhoidon ekologisen tilan arvion mukaan (ekol_tila), sekä määritettynä HELCOM HEAT3 työkalulla (H_luokka) ja Ruotsissa kehitetyllä WATERS-työkalulla (W_tila). Muut selitykset liitteen taulukossa 1.

vesi- muodostuma	ER	H_ huonoin	H_ luokka	biol_ lask	biol_ arv	fys_ kem	hy_mo	ekol_ tila	Waters_ status	W_huonoin	W_tila
2_Su_010	1,44	ER.C2	3	3	3	3	5	3	0,37	pohjaeläimet	3
2_Su_020	1,99	ER.C3	2	3	3	3	5	3	0,27	pohjaeläimet	2
2_Su_030	1,74	ER.C2	2	3	NA	NA	5	3	0,26	plankton	2
2_Su_040	2,05	ER.C2	1	3	NA	NA	4	3	0,32	plankton	2
2_Su_050	2,24	ER.C2	1	3	NA	NA	5	3	0,46	plankton	2

L5 Taulukko 5. Rannikon vesimuodostumien ekologinen tila Suomenlahden sisäsaaristossa (Ss) jaksolla 2012–2017 vesienhoidon ekologisen tilan arvion mukaan (ekol_tila), sekä määritettynä HELCOM HEAT3 työkalulla (H_luokka) ja Ruotsissa kehitetyllä WATERS-työkalulla (W_tila). Muut selitykset liitteen taulukossa 1.

vesi- muodostuma	ER	H_ huonoin	H_ luokka	biol_ lask	biol_ arv	fys_ kem	hy_mo	ekol_ tila	Waters_ status	W_ huonoin	W_tila
2_Ss_001	3,48	ER.C2	1	3	2	2	4	2	0,26	plankton	2
2_Ss_002	1,49	ER.C2	3	3	3	3	4	3	0,4	plankton	2
2_Ss_003	2,42	ER.C3	1	2	3	3	4	3	0,42	plankton	3
2_Ss_004	2,03	ER.C2	1	3	3	3	3	3	0,59	plankton	3
2_Ss_005	1,71	ER.C2	2	3	3	3	2	3	0,45	plankton	3
2_Ss_006	1,44	ER.C2	3	4	3	3	4	3	0,5	plankton	3
2_Ss_007	1,63	ER.C2	2	3	3	2	3	2	0,52	plankton	3
2_Ss_008	2,97	ER.C2	1	2	2	2	4	2	0,33	plankton	2
2_Ss_009	1,9	ER.C2	2	3	3	2	2	2	0,46	plankton	3
2_Ss_010	2,84	ER.C2	1	2	3	3	2	3	0,33	plankton	2
2_Ss_011	1,69	ER.C3	2	3	3	3	2	3	0,48	plankton	3
2_Ss_012	1,44	ER.C2	3	3	3	3	4	3	0,57	plankton	3
2_Ss_013	1,54	ER.C3	2	3	3	3	4	3	0,5	plankton	3
2_Ss_014	2,23	ER.C2	1	2	3	3	4	3	0,37	plankton	2
2_Ss_015	2,33	ER.C2	1	2	2	2	4	2	0,37	plankton	2
2_Ss_016	11,67	ER.C2	1	NA	NA	NA	5	2	0	NA	1
2_Ss_017	2,61	ER.C3	1	2	1	NA	4	1	0,37	plankton	2
2_Ss_018	2,26	ER.C2	1	2	NA	NA	2	2	0,39	plankton	2
2_Ss_019	1,5	ER.C2	3	3	3	NA	5	3	0,41	vesikasvit	3
2_Ss_020	3,15	ER.C2	1	2	NA	NA	5	2	0,33	plankton	2
2_Ss_021	2,4	ER.C3	1	2	3	NA	5	3	0,52	plankton	3
2_Ss_022	2,5	ER.C2	1	2	NA	NA	3	2	0,35	plankton	2
2_Ss_023	3,37	ER.C2	1	2	NA	NA	5	2	0,27	plankton	2
2_Ss_024	2,41	ER.C2	1	3	NA	NA	3	2	0,3	plankton	2
2_Ss_025	1,72	ER.C2	2	3	2	NA	5	2	0,49	plankton	3
2_Ss_026	1,74	ER.C2	2	3	2	NA	5	2	0,43	plankton	3
2_Ss_027	3,41	ER.C2	1	4	2	NA	2	2	0,27	plankton	2
2_Ss_028	4,43	ER.C2	1	3	2	NA	1	2	0,22	plankton	2
2_Ss_029	1,78	ER.C2	2	4	3	NA	2	3	0,46	plankton	3
2_Ss_030	2,46	ER.C2	1	4	2	NA	4	2	0,37	plankton	2
2_Ss_031	4,38	ER.C3	1	2	NA	NA	5	2	0,51	plankton	3

L5 Taulukko 6. Rannikon vesimuodostumien ekologinen tila Selkämeren sisemissä rannikkovesissä (Ses) jaksolla 2012–2017 vesienhoidon ekologisen tilan arvion mukaan (ekol_tila), sekä määritettynä HELCOM HEAT3 työkalulla (H_luokka) ja Ruotsissa kehitetyllä WATERS-työkalulla (W_tila). Muut selitykset liitteen taulukossa 1.

vesi- muodostuma	ER	H_ huonoin	H_ luokka	biol_ lask	biol_ arv	fys_ kem	hy_mo	ekol_ tila	Waters_ status	W_huonoin	W_tila
3_Ses_010	3,12	ER.C2	1	4	NA	2	4	2	0,26	plankton	2
3_Ses_015	1,57	ER.C2	2	3	NA	3	3	3	0,48	plankton	3
3_Ses_016	1,63	ER.C2	2	4	NA	2	4	3	0,51	plankton	3
3_Ses_017	3,13	ER.C2	1	3	NA	2	4	2	0,28	plankton	2
3_Ses_021	2,66	ER.C1	1	3	NA	3	3	3	0,37	plankton	2
3_Ses_022	1,61	ER.C2	2	4	NA	2	3	2	0,51	plankton	3
3_Ses_024	4,23	ER.C2	1	3	NA	1	4	2	0,2	plankton	1
3_Ses_025	1,78	ER.C2	2	3	3	NA	5	3	0,42	plankton	3
3_Ses_026	1,08	ER.C2	3	3	3	4	5	3	0,57	plankton	3
3_Ses_027	10,65	ER.C2	1	2	NA	NA	5	3	0,05	plankton	1
3_Ses_028	3,13	ER.C3	1	1	NA	NA	5	3	0,19	pohjaeläimet	1
3_Ses_029	1,73	ER.C2	2	3	NA	NA	5	3	0,39	plankton	2
3_Ses_030	5,08	ER.C2	1	2	2	NA	3	2	0,17	plankton	1
3_Ses_031	1,45	ER.C2	3	3	3	NA	5	3	0,48	plankton	3
3_Ses_032	1,12	ER.C2	3	4	3	NA	2	3	0,56	plankton	3
3_Ses_033	3,89	ER.C2	1	3	2	NA	1	2	0,2	plankton	2
3_Ses_034	4,38	ER.C2	1	2	2	NA	3	2	0,19	plankton	1
3_Ses_035	0,86	ER.C2	4	5	4	NA	5	4	0,72	plankton	4
3_Ses_036	0,93	ER.C2	4	4	NA	NA	5	4	0,68	plankton	4
3_Ses_037	1,27	ER.C2	3	4	NA	NA	5	4	0,57	plankton	3
3_Ses_038	1,25	ER.C2	3	4	4	NA	3	4	0,28	vesikasvit	2
3_Ses_039	2,35	ER.C2	1	2	3	NA	5	3	0,38	plankton	2
3_Ses_040	1,26	ER.C2	3	4	NA	NA	5	3	0,55	plankton	3
3_Ses_041	0,6	ER.C3	4	5	NA	NA	5	3	1	pohjaeläimet	5
3_Ses_042	2,28	ER.C2	1	4	3	2	2	3	0,37	plankton	2
3_Ses_043	0,99	ER.C2	4	5	4	NA	5	4	0,6	plankton	3
3_Ses_044	1,81	ER.C3	2	3	3	3	5	3	0,32	pohjaeläimet	2
3_Ses_045	1,2	ER.C2	3	NA	3	NA	1	3	0	NA	1
3_Ses_046	1,27	ER.C2	3	3	3	3	4	3	0,54	plankton	3
3_Ses_047	2,01	ER.C2	1	2	NA	3	3	3	0,39	plankton	2
3_Ses_048	3,41	ER.C2	1	4	2	2	1	2	0,27	plankton	2
3_Ses_049	2,87	ER.C2	1	2	2	2	4	2	0,32	plankton	2

L5 Taulukko 7. Rannikon vesimuodostumien ekologinen tila Selkämeren ulommissa rannikkovesissä (Seu) jaksolla 2012–2017 vesienhoidon ekologisen tilan arvion mukaan (ekol_tila), sekä määritettynä HELCOM HEAT3 työkalulla (H_luokka) ja Ruotsissa kehitetyllä WATERS-työkalulla (W_tila). Muut selitykset liitteen taulukossa 1.

vesi- muodostuma	ER	H_ huonoin	H_ luokka	biol_ lask	biol_ arv	fys_ kem	hy_mo	ekol_ tila	Waters_ status	W_huonoin	W_tila
3_Seu_050	1,21	ER.C2	3	3	NA	3	5	3	0,5	plankton	3
3_Seu_060	1,57	ER.C2	2	3	NA	3	3	3	0,48	plankton	3
3_Seu_070	1,17	ER.C2	3	3	NA	4	5	3	0,55	plankton	3
3_Seu_080	1,28	ER.C2	3	3	NA	NA	5	3	0,53	plankton	3
3_Seu_090	1,5	ER.C2	3	3	3	NA	3	3	0,46	plankton	3
3_Seu_110	1,16	ER.C2	3	4	4	4	5	4	0,55	plankton	3
3_Seu_120	1,54	ER.C2	2	4	3	NA	5	3	0,45	plankton	3

L5 Taulukko 8. Rannikon vesimuodostumien ekologinen tila Merenkurkun sisäsaaristossa (Ms) jaksolla 2012–2017 vesienhoidon ekologisen tilan arvion mukaan (ekol_tila), sekä määritettynä HELCOM HEAT3 työkalulla (H_luokka) ja Ruotsissa kehitetyllä WATERS-työkalulla (W_tila). Muut selitykset liitteen taulukossa 1.

vesi- muodostuma	ER	H_ huonoin	H_ luokka	biol_ lask	biol_ arv	fys_ kem	hy_mo	ekol_ tila	Waters_ status	W_huonoin	W_tila
3_Ms_010	1,2	ER.C1	3	4	NA	NA	4	3	0,58	pohjaeläimet	3
3_Ms_011	3,92	ER.C2	1	2	NA	NA	2	2	0,21	plankton	2
3_Ms_013	2,62	ER.C2	1	2	NA	NA	3	2	0,28	pohjaeläimet	2
3_Ms_014	1,5	ER.C3	3	3	NA	4	3	3	0,41	pohjaeläimet	3
3_Ms_015	1,9	ER.C3	2	2	NA	3	4	3	0,3	pohjaeläimet	2
3_Ms_017	2,39	ER.C2	1	3	NA	2	2	3	0,36	plankton	2
3_Ms_018	3,49	ER.C2	1	3	NA	1	2	2	0,27	plankton	2
3_Ms_019	2,23	ER.C2	1	3	NA	2	4	2	0,36	plankton	2
3_Ms_020	3,72	ER.C2	1	3	NA	1	3	2	0,22	plankton	2
3_Ms_021	1,36	ER.C2	3	4	3	3	3	3	0,5	plankton	3
3_Ms_023	1,38	ER.C2	3	4	NA	NA	2	3	0,5	plankton	3

L5 Taulukko 9. Rannikon vesimuodostumien ekologinen tila Merenkurkun sisäsaaristossa (Mu) jaksolla 2012–2017 vesienhoidon ekologisen tilan arvion mukaan (ekol_tila), sekä määritettynä HELCOM HEAT3 työkalulla (H_luokka) ja Ruotsissa kehitetyllä WATERS-työkalulla (W_tila). Muut selitykset liitteen taulukossa 1.

vesi- muodostuma	ER	H_ huonoin	H_ luokka	biol_ lask	biol_ arv	fys_ kem	hy_mo	ekol_ tila	Waters_ status	W_huonoin	W_tila
3_Mu_050	1,34	ER.C2	3	3	NA	3	5	3	0,48	plankton	3
3_Mu_070	1,05	ER.C2	3	4	NA	NA	4	4	0,57	plankton	3
3_Mu_080	2,35	ER.C2	1	3	NA	3	3	3	0,38	plankton	2
3_Mu_090	0,72	ER.C2	4	4	NA	5	4	4	0,81	plankton	5
3_Mu_100	0,93	ER.C2	4	3	NA	NA	5	4	0,59	plankton	3
3_Mu_110	1,12	ER.C2	3	4	NA	3	5	4	0,55	plankton	3
3_Mu_120	1,65	ER.C2	2	3	NA	3	4	3	0,43	plankton	3
3_Mu_130	1,36	ER.C2	3	4	NA	3	4	3	0,52	plankton	3

L5 Taulukko 10. Rannikon vesimuodostumien ekologinen tila Perämeren sisemmissä rannikkovesissä (Ps) jaksolla 2012–2017 vesienhoidon ekologisen tilan arvion mukaan (ekol_tila), sekä määritettynä HELCOM HEAT3 työkalulla (H_luokka) ja Ruotsissa kehitetyllä WATERS-työkalulla (W_tila). Muut selitykset liitteen taulukossa 1.

vesi- muodostuma	ER	H_ huonoin	H_ luokka	biol_ lask	biol_ arv	fys_ kem	hy_mo	ekol_ tila	Waters_ status	W_huonoin	W_tila
3_Ps_020	1,67	ER.C3	2	2	NA	3	5	3	0,37	pohjaeläimet	2
3_Ps_022	1,17	ER.C2	3	4	NA	3	4	3	0,57	plankton	3
3_Ps_023	1,18	ER.C2	3	3	NA	3	4	3	0,58	plankton	3
3_Ps_024	1,24	ER.C2	3	3	NA	4	4	3	0,55	plankton	3
3_Ps_026	1,45	ER.C2	3	3	NA	4	2	3	0,48	plankton	3
3_Ps_027	1,41	ER.C2	3	4	NA	2	4	3	0,49	plankton	3
3_Ps_028	2,48	ER.C2	1	3	NA	1	3	2	0,35	plankton	2
3_Ps_029	2,59	ER.C2	1	2	NA	1	4	2	0,33	pohjaeläimet	2
3_Ps_030	1,17	ER.C2	3	3	NA	3	3	3	0,56	plankton	3
3_Ps_031	1,73	ER.C2	2	3	NA	NA	3	3	0,41	plankton	3
4_Ps_001	1,3	ER.C2	3	3	NA	2	3	3	0,54	plankton	3
4_Ps_002	1,22	ER.C1	3	4	3	3	5	3	0,59	plankton	3
4_Ps_003	1,18	ER.C1	3	4	NA	2	4	3	0,65	plankton	4
4_Ps_004	3,78	ER.C1	1	NA	1	1	1	1	NA	NA	NA
4_Ps_005	1,24	ER.C2	3	3	NA	4	3	3	0,53	plankton	3
4_Ps_010	2,04	ER.C2	1	3	NA	2	5	3	0,39	plankton	2
4_Ps_011	1,49	ER.C2	3	3	NA	3	5	3	0,48	plankton	3
4_Ps_012	2,03	ER.C2	1	3	NA	NA	4	3	0,39	plankton	2
4_Ps_014	1,88	ER.C2	2	3	2	2	3	2	0,4	plankton	2
4_Ps_015	1,33	ER.C2	3	3	NA	4	4	3	0,51	plankton	3
4_Ps_016	1,45	ER.C2	3	3	NA	3	5	3	0,51	plankton	3
4_Ps_017	1,22	ER.C2	3	3	NA	4	5	3	0,54	plankton	3
5_Ps_001	3,54	ER.C3	1	2	3	3	5	3	0,17	pohjaeläimet	1
5_Ps_002	1,4	ER.C2	3	3	3	3	4	3	0,51	plankton	3
5_Ps_003	2,19	ER.C2	1	3	3	2	3	3	0,37	plankton	2
5_Ps_004	1,01	ER.C1	3	NA	3	3	4	3	NA	NA	NA
6_Ps_001	2,3	ER.C3	1	2	3	3	5	3	0,26	pohjaeläimet	2
6_Ps_002	1,25	ER.C2	3	3	3	4	2	3	0,53	pohjaeläimet	3

L5 Taulukko 11. Rannikon vesimuodostumien ekologinen tila Perämeren ulommissa rannikkovesissä (Pu) jaksolla 2012–2017 vesienhoidon ekologisen tilan arvion mukaan (ekol_tila), sekä määritettynä HELCOM HEAT3 työkalulla (H_luokka) ja Ruotsissa kehitetyllä WATERS-työkalulla (W_tila). Muut selitykset liitteen taulukossa 1.

vesi- muodostuma	ER	H_ huonoin	H_ luokka	biol_ lask	biol_ arv	fys_ kem	hy_mo	ekol_ tila	Waters_ status	W_huonoin	W_tila
3_Pu_050	0,88	ER.C3	4	4	NA	4	5	4	0,68	pohjaeläimet	4
3_Pu_060	1,35	ER.C3	3	3	NA	NA	5	3	0,43	pohjaeläimet	3
3_Pu_070	1,15	ER.C2	3	4	NA	3	5	3	0,56	plankton	3
3_Pu_080	1,14	ER.C2	3	4	NA	4	5	4	0,55	plankton	3
4_Pu_010	1,24	ER.C1	3	4	NA	2	5	4	0,61	plankton	4
4_Pu_020	1,41	ER.C2	3	3	NA	3	5	3	0,5	plankton	3
4_Pu_030	1,92	ER.C2	2	2	2	3	4	3	0,39	plankton	2
4_Pu_040	2,6	ER.C3	1	3	3	4	4	3	0,23	pohjaeläimet	2
4_Pu_050	1,52	ER.C2	2	4	NA	3	5	3	0,66	plankton	4
5_Pu_001	1,51	ER.C3	2	3	3	4	5	3	0,39	pohjaeläimet	2
6_Pu_001	6,49	ER.C3	1	2	3	3	5	3	0,09	pohjaeläimet	1

LÄHTEET

- Aroviita, J., Mitikka, S. & Vienonen, S. (toim.) 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 37/2019. Suomen Ympäristökeskus. <https://www.syke.fi/fi-FI/Julkaisut>
- Blomqvist, M. & Leonardsson, K. 2016. A probability based index for assessment of benthic invertebrates in the Baltic Sea. WATERS report no. 2016: 3. Havsmiljöinstitutet, Sweden.
- Fernandes, J., Kauppila, P., Uusitalo, L., Fleming-Lehtinen, V., Kuikka, S. & Pitkänen, H. 2012. Evaluation of Reaching the Targets of the Water Framework Directive in the Gulf of Finland. Environmental Science and technology 46:8220-8228.
- Finér, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Räike, A., Tattari, S., Huttunen, M., Härkönen, L., Joensuu, S., Kortelainen, P., Mattsson, T., Piirainen, S., Sarkkola, S., Sallantausta, T., Ukonmaanaho, L. 2020. Nutrient and organic carbon export from forests to watercourses 2020 – Final report of MetsäVesi-project. Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2019:6.
- Fleming-Lehtinen, V. 2016. Secchi depth in the Baltic Sea an indicator of eutrophication. Helsingin Yliopisto, <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-2705-1>
- Fleming-Lehtinen, V., Räike, A., Kortelainen, P., Kauppila, P. & Thomas, D. N. 2014. Organic Carbon Concentration in the Northern Coastal Baltic Sea between 1975 and 2011. Estuaries and Coasts 38: 466–481. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12237-014-9829-y>
- Gustafsson E, Savchuk OP, Gustafsson BG and Müller-Karulis B, 2017. Key processes in the coupled carbon, nitrogen and phosphorus cycling of the Baltic Sea. Biogeochemistry (2017) 134:301-317.
- HELCOM 2018: State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011-2016. www.helcom.fi/baltic-sea-trends/holistic-assessments/state-of-the-baltic-sea-2018/reports-and-materials/
- HELCOM 2018b: HELCOM Thematic assessment of eutrophication 2011-2016. Baltic Sea Environment Proceedings No. 156
- HELCOM 2019. HELCOM Head of Delegations 37-2019 kokousdokumentti 4-20. <https://portal.helcom.fi/meetings/HOD%2057-2019-620/MeetingDocuments/4-20%20Future%20work%20on%20HELCOM%20Indicators.pdf>
- Korpinen, S., Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P., Lahtinen, T. & Ekebom, J. (toim.) 2018. Suomen Ympäristön tila 2018. 248 s. – SYKE:n julkaisu 4/2018. Suomen Ympäristökeskus. <https://www.syke.fi/fi-FI/Julkaisut>
- Kotamäki, N., Järvinen, M., Kauppila, P., Korpinen, S., Lensu, A., Malve, O., Mitikka, S., Silander, J. & Kettunen, J. 2019. A practical approach to improve the statistical performance of surface water monitoring networks. Environ Monit Assess 191: 318. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7475-3>
- Lehtoranta J., Savchuk O.P., Elken J., Dahlbo K., Kuosa H., Raateoja M., Kauppila P., Räike A. & Pitkänen, H. 2017. Atmospheric forcing controlling inter-annual nutrient dynamics in the open Gulf of Finland. Journal of Marine Systems 171 (2017) 4-12.
- Lehtoranta J., 2013. Dynamics of sediment phosphorus in the brackish Gulf of Finland. Helsingin Yliopiston väitöskirja.
- Lukkari K., 2008. Chemical characteristics and behaviour of sediment phosphorus in the northeastern Baltic Sea. Helsingin Yliopiston väitöskirja.

- Norkko, J., Gammal, J., Hewitt, J. E., Josefson, A. B., Carstensen, J., & Norkko, A. 2015: Seafloor Ecosystem Function Relationships: In Situ Patterns of Change Across Gradients of Increasing Hypoxic Stress. *Ecosystems* 18: 1424-1439. 10.1007/s10021-015-9909-2.
- Nygård, H., van Beest, F. M., Bergqvist, L., Carstensen, J., Gustafsson, B. G., Hasler, B., Schumacher, J., Schernewski, G., Sokolov, A., Zandersen, M., & Fleming, V. (2020). Decision-Support Tools Used in the Baltic Sea Area: Performance and End-User Preferences. *Environmental Management* , 66(6), 1024-1038. <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01356-8>
- Perus, J., Bonsdorff, E., Bäck, S., Lax, H.-G., Villnäs, A. & Westberg, V. 2007. Zoobenthos as indicators of ecological status in coastal brackish waters: a comparative study from the Baltic Sea. *Ambio* 36(2-3): 250-256.
- Raateoja, M., Seppälä, J., Kuosa, H. & Myrberg, H. 2005. Recent Changes in Trophic State of the Baltic Sea along SW Coast of Finland. *Ambio* 34: 188-191. DOI: 10.1579/0044-7447-34.3.188
- Räike, A., Pietiläinen, O.-P., Rekolainen, S., Kauppila, P., Pitkänen, H., Niemi, J., Raateland, A. & Vuorenmaa, J. 2003. Trends of phosphorus, nitrogen and chlorophyll a concentrations in Finnish rivers and lakes in 1975–2000. *Science of the Total Environment* 310: 47–59.
- Räike, A., Taskinen, A., Knuuttila, S. 2020. Nutrient export from Finnish rivers into the Baltic Sea has not decreased despite water protection measures. *Ambio* 2020, 49:460–474. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01217-7>
- Savchuk O.P. 2018. Large-Scale nutrient dynamics in the Baltic Sea, 1970–2016. *Frontiers in Marine Science* doi: 10.3389/fmars.18.0095.
- SYKE 2019. Suomen vesien tila-arvio: Järvien ja jokien tila pääosin ennallaan, rannikkovesien tila heikentynyt. Tiedote 27.8.2019 klo 9:58 [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Suomen_vesien_tilaarvio_Jarvien_ja_jokie\(51384\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Suomen_vesien_tilaarvio_Jarvien_ja_jokie(51384)) .
- SYKE 2020. Haettu osoitteesta https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila#ekologinen
- Tamminen, T. & Andersen, T. 2007. Seasonal phytoplankton nutrient limitation patterns as revealed by bioassays over Baltic Sea gradients of salinity and eutrophication. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 340, 121–138.doi: 10.3354/meps340121.
- van Beest, F. & Nygård, H. & Fleming, V. & Carstensen, J.. (2020). On the uncertainty and confidence in decision support tools (DSTs) with insights from the Baltic Sea ecosystem. *AMBIO*. 10.1007/s13280-020-01385-x.
- Virtanen, E.A., Norkko, A., Nyström Sandman, A. & Viitasalo, M. 2019. Identifying areas prone to coastal hypoxia – the role of topography. *Biogeosciences* 16(16), 3183-3195.



tietokayttoon.fi/sv

ISBN PDF 978-952-383-111-7

ISSN PDF 2342-6799